BOTANI

UNTUK

S.M.A.

KARANGAN

Dr. K. B. BOEDIJN, J. R. KUPERUS

DAN

SOEPARMA SATIADIREDJA

TJETAKAN KELIMA

J. B. WOLTERS—DJAKARTA, GRONINGEN

BOTANI

UNTUK

S. M. A.

KARANGAN

Dr. K. B. BOEDIJN, J. R. KUPERUS

DAN

SOEPARMA SATIADIREDJA

TJETAKAN KELIMA

Rp. 27,50

J. B. WOLTERS – DJAKARTA, GRONINGEN – 1956

KATA PENGANTAR

Terdjemahan buku karangan Boedijn dan Kuperus ini hendaklah dipandang sebagai langkah pertama untuk mentjukupi kebutuhan masjarakat akan buku ilmu tumbuh-tumbuhan dalam bahasa Indonesia bagi peladjar S. M. A. dan sekolah² jang sederadjat dengan itu. Adapun isinja, mungkin belum lengkap atau belum sesuai dengan rentjana peladjaran disekolah-sekolah tersebut. Tambahan pula masih banjak kata² istilah dalam bahasa asing jang terpaksa diindonesiakan, karena belum ada istilah resmi. Kata² istilah jang dipergunakan dalam buku ini sebagian dikutip dari tjatatan² jang dibuat oleh Prof. Ir. Kusnoto, ada pula jang diambil dari madjalah Pembina bahasa Indonesia dan Kamus istilah.

Tak lain harapan kami semoga buku ini berguna bagi masjarakat kita.

SOEPARMA SATIADIREDJA.

KATA PENGANTAR PADA TJETAKAN KETIGA

Dengan perasaan terima kasih, penterdjemah dapat mempergunakan saran² dan petundjuk² para ahli untuk memperbaiki isi buku ini.

SOEPARMA SATIADIREDJA.
Kepala Balai Penjelidikan Tanaman
dari Kantor Perkebunan Rakjat.

KATA PENGANTAR PADA TJETAKAN KEEMPAT

Terima kasih kami utjapkan kepada Fakultet Ilmu Pasti dan Alam, jang telah memberi saran² jang sangat berharga guna mempertinggi nilai buku ini.

SOEPARMA SATIADIREDJA.

PENDAHULUAN

Machluk hidup atau organisme, dibagi dalam hewan dan tumbuh-tumbuhan. Ilmu hajat atau *biologi*, jaitu pengetahuan tentang machluk hidup, jang mengenai hewan disebut ilmu hewan atau *zoölogi*, jang mengenai tumbuh-tumbuhan dinamai ilmu tumbuh-tumbuhan atau *botani*.

Machluk hidup itu, sebagian terdjadi dari zat hidup dan sebagian dari zat mati. Zat hidup dinamai *protoplasma*, jang tersusun dari beberapa matjam protein, persenjawaan dari: zat arang, zat air, zat asam dan zat lemas. Kerapkali pula berisi belerang dan pospor.

Protoplasma tak dapat disebut satu tjampuran dari bermatjam-matjam protein, melainkan persenjawaan dari pembangun² protoplasma jang tersusun dengan tjara jang tertentu, serta masing² pengaruh-mempengaruhi, hingga merupakan sebuah persatuan jang teratur. Bahkan gumpalan protoplasma jang terketjil sekalipun merupakan suatu kumpulan zat² jang bekerdja bersama-sama.

Zat mati pembangun organisme jang terpenting ialah: *air*, jang senantiasa merendam seluruh protoplasma hidup. Kekurangan air dapat mematikan protoplasma; protoplasma tak mungkin hidup dengan tidak berair.

Lain daripada air, zat mati jang penting, jaitu: zat *garam*, zat *asam*, *hidrat arang* (umpamanja: gula dan tepung) *minjak* dan *lemak*.

Organisme (djasad) jang terketjil, jang hingga kini dikenal orang terdjadi dari segumpal protoplasma, jang hanja dapat dilihat dengan mikroskop. Pada tumbuhan jang terketjil kebanjakan diliputi oleh selapis zat mati hingga mendjadi kokoh dan berbentuk jang tentu. Gumpalan zat hidup itu (baik jang diliputi maupun jang tidak) dinamai *sel*.

Djasad jang sangat ketjil, hanja terdiri dari beberapa buah sel, bahkan ada jang hanja terdiri dari sebuah sel sadja. Djasad jang lebih besar, lebih banjak pula sel² jang mendjadikannja.

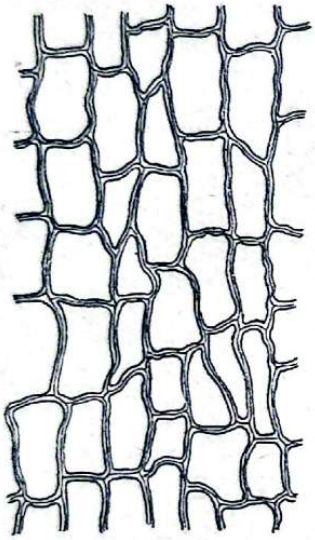
Sel² jang amat banjak, jang mendjadikan tumbuhan itu, tidak sama gunanja, tidak sama pula bentuknja; umpamanja sel² pengurus makanan bentuknja berlainan dengan sel² penundjang atau sel² pelindung.

Atjapkali terdjadi beberapa sel hilang isinja jang hidup, hingga tinggal bungkusnja sadja. Bagi beberapa matjam tumbuhan, sel demikian itu, masih ada gunanja; misalnja untuk mendjaga agar tumbuhan itu djangan sampai mendjadi kering. Gabus umpamanja didjadikan oleh sel² jang telah kosong (Gambar 1). Tjontoh jang lain lagi, sel² jang mendjadikan bagian kaju, amat penting guna mengokohkan tanaman, dan seolah-olah sebagai djalan air.

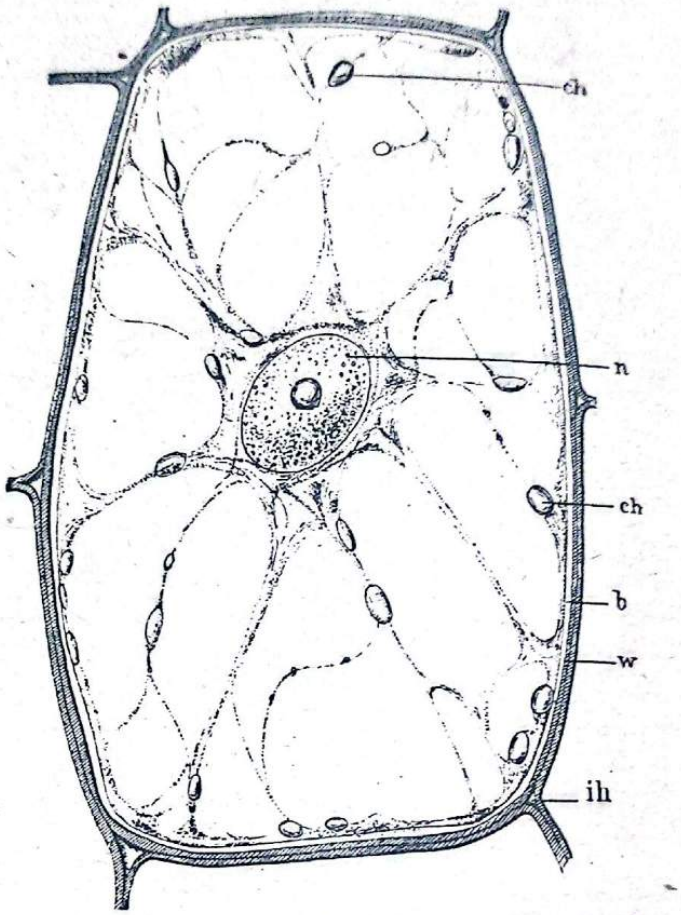
Bagian sel jang hidup (Gambar 2) dinamai *protoplast*, bungkusnja disebut *dinding sel*.

Pada kebanjakan tumbuhan, protoplast itu dapat dibagi atas:

a. Plasma sel. Sematjam lendir djernih, didalamnja terdapat rongga² jang disebut *vacuola*. Rongga² ini berisi *air sel*, didalamnja terdapat bermatjam-matjam zat jang telah larut.



Gambar 1. Penampang gabus.



Gambar 2. Bagan (skema) penampang sel tumbuhan hidup. *n* inti; *ch* pembawa zat warna = chromatophora; *b* plasma sel; *w* dinding sel; *ih* ruang diantara tiga buah sel.

b. Sebuah *inti sel.* Letaknja didalam plasma sel, kebanjakan bentuknja bulat.

c. Sebuah atau lebih *pembawa zat warna* (chromatophora). Letaknja didalam plasma sel djuga. Bentuknja matjam², kebanjakan butir² ketjil. Zat warna jang dibuatnja, ada jang: kuning, djingga, merah atau hidjau. Zat warna jang hidjau, namanja *hidjau daun* atau *chlorophyl*, amat penting dalam hidupnja tumbuh-tumbuhan. Chlorophyl inilah jang memungkinkan tanaman dapat membuat bahan makanan dari air dan gas asam arang, dengan bantuan tjahaja matahari.

Tumbuh-tumbuhan itu, bukan hanja mengisap air dan asam arang sadja, tetapi air jang diisapnja mengandung berbagai-bagai garam. Djadi zat² jang diisapnja adalah: *air*, *asam arang* dan *garam*. Zat² tersebut terdapat didalam alam; jaitu: didalam tanah,

didalam air dan diudara; serta dinamai zat[2] *anorganik*. Tumbuhan jang berwarna hidjau dapat mengubah zat anorganik mendjadi zat organik, misalnja: gula, tepung, lemak dan protein. *Mengubah zat anorganik mendjadi zat organik dinamai assimilasi.*

Banjak tumbuhan tidak mengandung hidjau daun, misalnja tjendawan; tetapi tumbuhan itu takkan dapat hidup kalau hanja mendapat zat anorganik sadja. Oleh karena itu diisapnja zat organik jang dibutuhkan itu, dari hewan atau dari tumbuhan lain.

Tumbuhan jang mengisap makanan dari machluk hidup, disebut *parasit* (lihat gambar 22). Parasit jang terlihat dalam gambar itu: sebatang tjendawan jang membuat bintik[2] hitam berbulu halus diatas daun mangga. Tumbuhan jang memberi makanan kepada parasit disebut *tumbuhan inang.*

Beberapa matjam parasit, mengisap makanannja dengan merugikan manusia atau hewan, misalnja bakteri tuberculose. Manusia atau hewan jang memberinja makan, disebut *tuan rumah.*

Banjak pula tanaman jang tak berhidjau daun, tetapi tidak menumpang pada machluk hidup, melainkan mentjari makanan sendiri, pada tumbuhan atau hewan jang telah mati, atau sampah jang terdiri dari bahan[2] organik, seperti daun jang telah busuk atau kotoran hewan. Tumbuhan demikian dinamai *tumbuhan pelebur* atau *saprophyt*; sifatnja sebaliknja dari parasit, bahkan sangat berguna, karena saprophyt itu dapat mentjernakan (menghantjurkan) organisme jang telah mati. Karena pentjernaan ini timbullah beberapa matjam zat jang dapat dipergunakan oleh tumbuhan hidjau. Kalau tak ada pekerdjaan saprophyt jang demikian itu, nistjaja dalam waktu jang singkat, bertimbun-timbunlah hewan dan tumbuhan mati diatas muka bumi ini. Tambahan pula akan timbul kekurangan bahan[2] makanan untuk tumbuh-tumbuhan hidjau.

Baksil. Berbentuk batang. Kebanjakan tak bergerak; ada jang berbulu plasma (bulu tjambuk). Karena bulu inilah baksil dapat bergerak dalam barang tjair.

Vibrio. Berbentuk batang bengkok. Senantiasa berbulu tjambuk. Dapat bergerak karena bulunja itu.

Spiril. Berbentuk per. Dapat djuga bergerak.

Diantaranja, dari matjam² jang tersebut diatas, terdapat pelbagai matjam peralihan.

Sel bakteri terdiri dari sebuah dinding dan isi plasma dengan rongga² sel. Adanja inti sel, sampai sekarang belum dapat dipastikan. Dinding sel itu, ada jang mengeluarkan lendir dari bagian luar. Kadang² karenanja terdjadilah persatuan beberapa sel hingga merupakan *kelompok² sel* (koloni). Koloni² ini, kerapkali kita lihat diatas air tergenang jang mengandung sampah.

Warnanja. Dilihat dalam mikroskop kebanjakan bakteri tak berwarna. Kelompok² bakteri jang dapat dilihat dengan mata, kerapkali berwarna putih, atau kekuning-kuningan, kadang² merah. Beberapa matjam bakteri, terutama jang hidup didalam laut, bersinar.

Makanannja. Bakteri itu tak berhidjau daun, karena itu hidupnja saprophytik atau parasitik, tetapi ada djuga jang hidup sendiri (autotroph).

Jang saprophytik amat penting sebagai pembasmi sampah, baik jang berasal dari hewan maupun jang berasal dari tumbuhan; karena itulah dikatakan bakteri itu sangat berguna. Akan tetapi kadang² merugikan djuga, misalnja bakteri jang membusukkan makanan. Jang sangat penting jaitu matjam² bakteri jang hidup didalam tanah. Bakteri inilah jang menjebabkan adanja perubahan zat serta amat berguna untuk menjuburkan tanah. Hal ini akan dibentangkan lebih landjut kemudian. Beberapa bakteria, berguna sekali dalam proses pembikinan mentega, kedju dan tjuka.

Bakteri jang parasitik, umumnja merugikan benar, bahkan diantaranja ada beberapa matjam jang harus dipandang musuh, karena dapat menimbulkan penjakit jang berbahaja, jaitu jang disebut bakteri *menjakit*, artinja jang menimbulkan penjakit. Tjontoh jang lain², misalnja: bakteri tuberculose, radang paru, typhus, cholera, pes, diphtheri, tetanus dan lepra.

Bagi pertanian, bakteri pembuat zat lemaslah jang sangat penting, karena membantu pembentukan persenjawaan zat lemas dalam bintil² akar djenis² katjang. Pada akar itu, timbul bintil² jang

disebut bintil² zat lemas. Dengan bantuan bakteri ini, zat lemas dari udara dipergunakan untuk membuat protein. Hal ini nanti akan dibitjarakan lagi.

Pembiakan. Dahulu orang menduga bahwa bakteri dan djasad jang lain itu, dapat terdjadi dari zat mati. Kedjadian machluk hidup dari zat mati dinamai *generatio spontanea* atau *abiogenesis*. Ahli bakteri jang terkenal, Louis Pasteur (1822—1895), membuktikan bahwa machluk hidup hanja dapat terdjadi dari bangsanja djuga. Hal ini berlaku pula bagi bakteri, artinja terdjadinja bakteri baru itu, asal dari pembiakan bakteri lama.

Sedang membiaknja itu, ialah dengan djalan *pembelahan sel:* Bakteri itu membelah dalam dua bagian; kedua belah dapat terlepas dengan segera, kadang² sementara waktu masih bersatu. Setelah sel itu membelah, tiap² belahan tumbuh lagi hingga sebesar sebelum membelah. Sel² baru ini kemudian dapat pula membelah. Dalam keadaan baik, tjukup makanan, tjukup deradjat panas dan suasana lembab satu bakteri dapat menurunkan djumlah jang besar. Bakteri cholera umpamanja, dapat membelah tiap² 20 menit, masing² belahan setelah 20 menit membelah lagi; hingga dalam 24 djam, dari 1 bakteri dapat terdjadi 1600 triliun bakteri baru. Dalam keadaan baik, 1 bakteri jang pandjangnja 2 μ, lebar 1 μ, serta membelah tiap² ½ djam, setelah 5 hari turunannja dapat mengisi teluk² laut seluruh dunia. Tetapi sjukurlah, hal ini hanja teori sadja, karena kekurangan makanan atau lain² keadaan merintangi pembiakan setjepat itu.

Pada beberapa bakteri berbentuk batang, disamping pembelahan sel, terdapat djuga *pembikinan spora*; isi plasma melepas dari dinding sel, kemudian mendjadi bulat serta membuat dinding baru didalam dinding lama. *Spora* jang timbul setjara demikian, kebanjakan terdapat pada salahsuatu udjung sel lama (Gambar 3*f*).

Spora itu, amat kebal terhadap pengaruh² djahat, misalnja kuat menahan suhu tinggi maupun jang rendah. Apabila spora ini tiba pada substrat jang baik, maka tumbuhlah mendjadi sebuah bakteri.

Perkawinan bakteri, tidak dikenal.

Mengawetkan bahan makanan. Bakteri itu, mengubah bermatjam-matjam zat organik; djadi bahan makananpun diubahnja djua. Karena perubahan ini, bahan makanan itu tak dapat dipergunakan, mungkin pula beratjun. Misalnja, dalam suasana panas, ikan atau daging mendjadi busuk hingga beratjun. Agar bahan makanan itu tahan lama, pekerdjaan bakteri harus dirintangi, umpamanja daging atau ikan dengan didinginkan, diasap atau

diasin; matjam² bahan makanan lain, ditaruh dalam tjairan gula atau tjuka keras.

Tjara² tersebut, tak dapat dipakai untuk mengawetkan bahan makanan untuk selama-mungkin; untuk ini tidak tjukup hanja dengan merintangi perbuatan dan membiaknja bakteri sadja, melainkan semua bakteri jang ada dalam bahan makanan itu harus dibasmi, demikian pula sporanja. Pekerdjaan ini disebut *mensterilkan*, biasanja dilakukan dengan djalan dipanaskan. Kebanjakan bakteri mati dengan segera kalau dipanaskan hingga 100° C, sedang sporanja dapat tahan agak lama dalam suhu jang tinggi, tetapi setelah dipanaskan beberapa djam mati pula. Banjak makanan tak dapat dipergunakan bila dipanaskan terlalu lama, karena itu mensterilkannja baik sebagai berikut:

Panaskanlah makanan itu selama setengah djam untuk mematikan sel² bakteri, kemudian dinginkanlah agar spora² bakteri itu tumbuh. Dua puluh empat djam kemudian panaskan lagi, sementara itu spora² jang telah tumbuhpun mati; mungkin ketika itu masih ada spora jang belum tumbuh, karena itu panaskanlah lagi untuk ketiga kalinja. Dengan diperbuat demikian, biasanja kebanjakan bahan makanan mendjadi steril. Usahakanlah supaja bahan makanan jang telah steril itu tertutup (terpisah dari udara), agar bakteri baru takkan dapat memasukinja.

Faedah mensterilkan, bukan sadja membuat bahan makanan tahan lama, tetapi djuga mematikan segala hama² penjakit.

Mensterilkan tak dapat disamakan dengan *mempasteurisir*, jang dilakukan untuk susu dan mentega. Mempasteurisir itu, hanja bermaksud mematikan beberapa djenis hama penjakit, jakni bakteri typhus dan tuberculose. Untuk maksud tersebut, susu dipanaskan hingga 70—80° C; dalam suhu ini semua bakteri typhus dan tuberculose matilah. Bakteri² itu tidak membuat spora, karena itu lebih mudah dibasminja daripada kebanjakan bakteri jang hidup saprophytik. Susu jang dipasteurisir lebih mudah ditjernakannja, sedang rasanjapun tidak berubah; berlainan dengan susu jang disterilkan (susu dalam blek), jang lebih sukar ditjernakannja, lebih² bagi anak², demikian pula rasanjapun bagi kebanjakan orang tidak lezat. Demikian pula halnja dengan susu masak.

Mempasteurisir itu, mula² oleh Pasteur dilakukan pada anggur, karena zaman dahulu kerapkali timbul sematjam bakteri dalam air buah anggur jang akan dibuat minuman. Bakteri ini, dapat menjebabkan anggur itu djadi tidak enak rasanja bagi kebanjakan orang, hingga tak dapat dipakai. Kini dihindarkannja perbuatan bakteri itu, dengan mempasteurisir air buah itu. Apabila anggur itu disterilkan, nistjaja bakteri² itu mati, tetapi disamping itu sel² ragi jang amat berguna bagi proses pengubahan air buah mendjadi anggur minumanpun, ikut mati karenanja. Sebaliknja kalau air buah anggur itu dipasteurisir, hanja bakterilah jang binasa, sedangkan sel² ragi tidak terganggu hidupnja.

Biakan murni. Untuk mempeladjari hidupnja bakteri, dapat dibuat sebuah *perbenihan bakteri.* Zaman dahulu benda tjair (tjairan), jang dipakainja, misalnja kaldu kental dibubuhi protein dan garam sedikit. Sekarang orang mempergunakan tjairan makanan ditjampur dengan agar[2], hingga terdapat sebuah perbenihan jang padat. Kemudian bakteri[2] jang akan dipeladjari dipindahkan kedalam perbenihan itu (*disuntikkan*). Selandjutnja diusahakanlah agar suhunja tepat; dalam keadaan baik bakteri[2] itu senantiasa membiak dengan tjepat. Maka dengan demikian terdapatlah *pembiakan bakteri.*

Untuk mempeladjari sesuatu matjam bakteri, perlu dibuatkan sebuah tempat pemeliharaan jang hanja memuat sematjam bakteri sadja. Pemeliharaan demikian disebut *biakan murni.*

Untuk membuat pembiakan murni, mula[2] perbenihan itu disterilkan, lalu didinginkan hingga 45° C. Kemudian perbenihan jang masih tjair dan panasnja 45° C itu, dibubuhi benda jang mengandung bakteri sedikit; kotjoklah tjampuran ini benar[2], agar bakterinja terbagi rata diseluruh perbenihan. Setelah itu, tjampuran tersebut dituangkan keatas pinggan jang steril hingga agar-agarnja mendjadi beku. Pinggan ini diletakkan didalam sebuah *alat pengatur suhu* (bakteri jang menimbulkan penjakit manusia membutuhkan panas 37° C.). Setelah 1—2 hari kelihatanlah beberapa gugus bakteri, serta terdjadilah sematjam pembiakan jang dinamai *biakan lempengan.* Tiap[2] gugus kerapkali terdjadi dari satu bakteri, jang kemudian mendjadi kumpulan bakteri sedjenis. Bakteri itu, dengan sebatang djarum platina jang telah dipidjarkan, dipindahkan sedikit dari gugus tersebut kedalam perbenihan baru. Untuk perbenihan baru tidak dipergunakan pinggan rata, melainkan sebatang tabung jang ditutup dengan segumpal kapas. (Kapas, tabung, harus disterilkan lebih dahulu). Setelah bakteri dipindahkan, tabung ditaruh didalam perkakas pengatur suhu. Tidak lama kemudian terdapatlah sebuah biakan murni.

Harus didjaga, djangan sampai perbenihan itu kemasukan debu kotor dari udara, karena mungkin dalam debu itu, terdapat bakteri[2] lain.

Tidak semua bakteri, dapat dibiakkan dengan mudah; bakteri lepra umpamanja, sampai kini belum dapat dipelihara.

Tjara membiakkan bakteri seperti tersebut diatas, mula[2] dilakukan oleh Robert Koch, seorang tabib Djerman (1843—1910), jang dapat dianggap salah seorang pembina bakteriologi modern. Tjara[2]-nja mempeladjari bakteri, ternjata amat berharga bagi achli[2] ilmu pengetahuan umumnja.

Kena-hama (infeksi). Diatas telah disebutkan, beberapa penjakit jang disebabkan oleh bakteri. Penjakit demikian dinamai „penjakit kena-hama". Tetapi tidak semua penjakit kena-hama disebabkan

oleh bakteri; misalnja malaria dan medjan amoeba disebabkan oleh hewan bersel tunggal. Tentang hal ini, baiklah kita melihat buku tentang ilmu hewan. Penjakit lain, misalnja: tjampak, tjatjar dan gila andjing, disebabkan oleh hama² penjakit, jang tak dapat dilihat dengan mikroskop. Hama penjakit demikian namanja *virus*.

Rasa sakit jang disebabkan oleh bakteri adalah perbuatan ratjun² (toxin) jang dikeluarkannja. Bakteri jang membuat ratjun djahat dan menjakitkan disebut berbisa atau *virulen*.

Kekebalan. Penularan tidak selamanja menimbulkan penjakit. Ada orang jang dapat menahan beberapa penjakit; mereka *kebal* akan penjakit itu. Kekebalan terhadap sesuatu penjakit, tidak berarti bahwa orang itu, dapat pula menahan penjakit lain; misalnja ada orang kebal akan penjakit diphteri, tetapi rentan penjakit typhus atau radang paru.

Apa jang menjebabkan kekebalan itu, tak mudah untuk menerangkannja (lihat buku ilmu hewan).

Daja upaja penolak. Peladjaran tentang hama penjakit, menimbulkan pertanjaan: Bagaimana tjaranja menolak membiaknja hama penjakit itu? Bukan pula tempatnja disini, untuk menguraikannja, tjukuplah kiranja, bila kita sebutkan disini beberapa tjara menolak hama penjakit jang terpenting:

Aturan umum. Badan, pakaian dan rumah jang bersih. Buangkanlah timbunan sampah² didekat rumah (lalat); air jang bersih, pengaturan djalan air jang sempurna, kakus jang baik; pemeriksaan bahan makanan; pemeriksaan pabrik² bahan makanan: pemeriksaan pegawai jang membuat bahan makanan; mendirikan pemotongan hewan dsb.

Aturan chusus. Untuk penjakit jang tertentu, misalnja: memisahkan orang² sakit dan djuga djika mungkin bagi ,,pembawa² baksil'' dengan orang² penghubung; membasmi atau membersihkan barang² jang mungkin ketularan oleh sisakit; mengebalkan dengan vaccin, terutama diwaktu ada wabah; menolak binatang² jang dapat menularkan penjakit (misalnja karena adanja tikus² pembawa penjakit pes dengan mendirikan rumah jang patut dan memperbaiki jang buruk).

Achirnja kita sebutkan disini beberapa daja upaja untuk menolak infeksi pada luka² pembedahan. Segala alat², pembalut dll., barang² jang dipergunakan diwaktu membedah, hendaknja bersih dari hama² penjakit. Alat² harus dimasak lama² supaja mendjadi steril;

biasanja dipanaskannja didalam sebuah autoclaf dengan tekanan tinggi, serta suhu lebih dari 100° C. Dengan ini orang dapat mensterilkan lebih tjepat. Medja² operasi, lantai dll. harus dibersihkan dengan benda jang mematikan bakteri (desinfectans), seperti sublimat, lysol, carbol dll. Ruangan operasi hendaklah dibersihkan dari debu.

Dizaman dahulu, ketika orang belum mengetahui perbuatan bakteri itu, daja upaja tersebut, tak pernah dilakukan. Karena itu, orang jang baru dibedah biasanja sakit demam (demam luka), bahkan kadang² mati karena demam itu. Dalam hal memperbaiki keadaan ini, perlu disebut namanja seorang achli bedah Scot bernama Lister, jang untuk pertama kalinja mendapatkan obat² penolak masuknja hama penjakit ketika membedah.

GANGGANG BIRU (Cyanophyceae).

Dalam beberapa hal ganggangbiru hampir serupa dengan bakteri, baik bentuk maupun tjara membiaknja.

Djenis² jang sederhana berseltunggal, ada pula jang berbentuk benang. Inti sel tiada terdapat. Membiaknja dengan membelah.

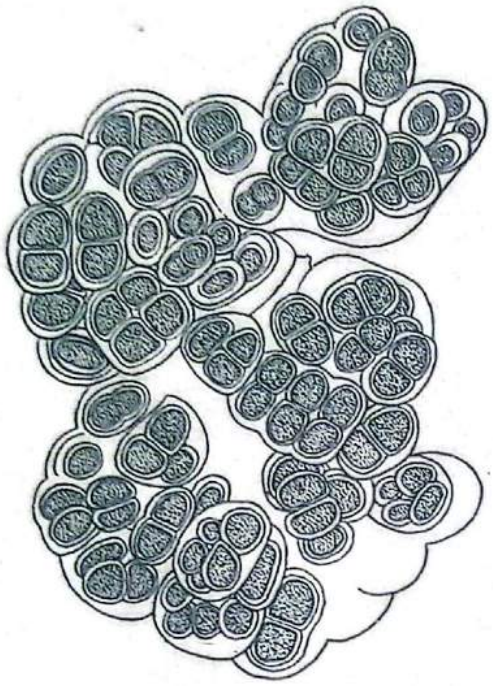
Tumbuhan ini berhidjau daun dan djuga mengandung zat warna biru, karena itu warnanja hidjau kebiru-biruan. Karena adanja zat hidjau daun, ganggang ini mungkin hidup dari zat² anorganik.

Kebanjakan ganggangbiru hidup didalam air, baik didalam air tawar maupun dilaut. Hidupnja agak dalam, karena untuk berassimilasi hanja membutuhkan tjahaja matahari sedikit. Beberapa djenis ganggangbiru hidup didasar air, ada pula jang melajang bebas didalam air. Jang tersebut belakangan adalah bagian dari *plankton*, jaitu kumpulan organisme² (tumbuhan atau hewan) jang berkeliaran bebas didalam air dan hanja bergerak sedikit dengan kekuatan sendiri, hingga dapat dihanjutkan dengan air bah. Gelembung² gas didalam plasmanja, mempermudah ganggang itu untuk terapung-apung didalam air. Didalam air kerapkali terdapat ganggang biru amat banjak, hingga air itu berwarna.

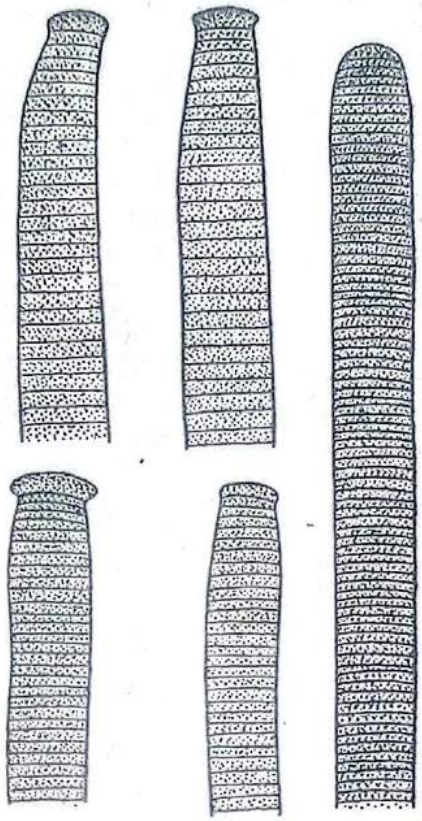
Diatas tanahpun terdapat ganggangbiru, baik ditanah jang basah maupun ditempat-tempat jang agak kering. Ganggang ini tumbuh diatas tanah, diatas batu, diatas batang² pohon dsb. Kerapkali tumbuh pula diatas batu karang, ditempat-tempat tumbuhan lain tak dapat hidup [1]). Disini ganggang itu membantu

---

[1]) Selain dari ganggangbiru terdapat djuga lumutkerak diatas batu karang.



Gambar 4. Gloeocapsa magma.



Gambar 5. Oscillatoria.

menghantjurkan lapisan atas dari batu karang dan membuka kemungkinan hidup bagi tumbuhan lain. Karena itu, disebut pula *pembina dunia tumbuh-tumbuhan.*

Beberapa djenis ganggangbiru terdapat disumber-sumber air panas; disini tumbuhan tadi dapat menahan panas hingga 70° C (lain tumbuhan hanja sampai 50° C).

Biasanja terdapat ganggangbiru didalam akar *Pakis hadji.* Pada akar² jang timbul diatas tanah terdapat bagian² jang menebal seperti karang; kalau disajat melintang, kelihatanlah suatu lingkaran berwarna hidjau kebiru-biruan dibawah kulitnja.

Ganggangbiru jang banjak terdapat, ialah:

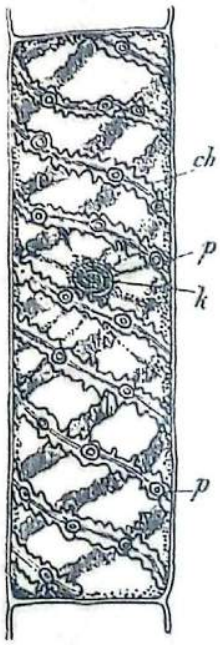
Gloeocapsa (Gambar 4). Tumbuhan berseltunggal, bentuknja sederhana. Selnja bundar, mengeluarkan lendir dan dengan lendir ini masing² melekat satu sama lain (berkelompok). Kelompok² ini terdiri dari 2—8 buah sel. Lendir pembungkus berlapis-lapis dan kerapkali berwarna.

Oscillatoria (Gambar 5). Sebuah benang tebal, terdiri dari sel² berbentuk keping; benang² itu diliputi selapis kelopak lendir. Dari kelopak ini kadang² keluar potongan benang, jang dapat bergerak kelain tempat; demikianlah tjaranja membiak.

GANGGANG GANDAR (Conjugatae).

Ganggang gandar, adalah tumbuhan berseltunggal atau berbentuk benang. Ganggang ini berhidjau daun, warnanja hidjau benar. Sel²nja berinti. Ganggang gandar hidup didalam air tawar semata-mata, terutama didalam air djernih serta tergenang (tak mengalir). Tumbuhan ini tak hidup didalam air kotor.

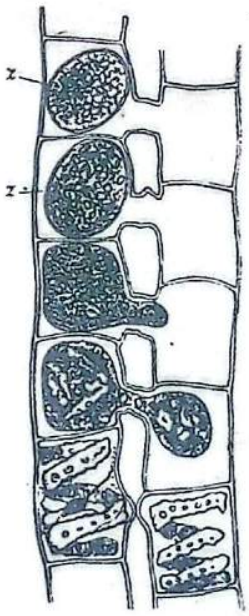
Ganggang gandar berbentuk benang. Jang terkenal ialah *ganggang-sekerup* (Spirogyra). Didalam tiap² sel terdapat seutas atau beberapa utas pita chlorophyl berbentuk sekerup (Gambar 6). Inti²nja menggantung pada benangplasma ditengah-tengah sel.



Gambar 6.
Sel Spirogyra.
k inti; *ch* pita chlorophyl.

Tjara pembiakan tak berdjenis kelamin dengan djalan membelah. Setelah membelah, belahan² itu tumbuh hingga mendjadi sebesar sel asal. Karena itu, benang²mendjadi pandjang. Achirnja benang ini putus mendjadi beberapa potong, dan dengan demikian bertambahlah banjaknja ganggang itu.

Selain dari pembelahan sel, ada pula pembiakan *berdjenis kelamin*. Dalam hal ini melekatlah sebuah benang kepada jang lain (dengan lendir mendjadi satu). Antara dua sel ini terdjadi saluran penghubung (Gambar 7). Dengan melalui saluran ini mengalirlah isi sel dari benang pertama kedalam sel benang kedua. Protoplast dari kedua benang lalu mendjadi satu, demikian pula intinja. Persatuan ini mendapat bungkus (dinding) tebal. Kemudian tumbuhlah dan mengeluarkan seutas benang baru. Persatuan ini dinamai *zygospora*.



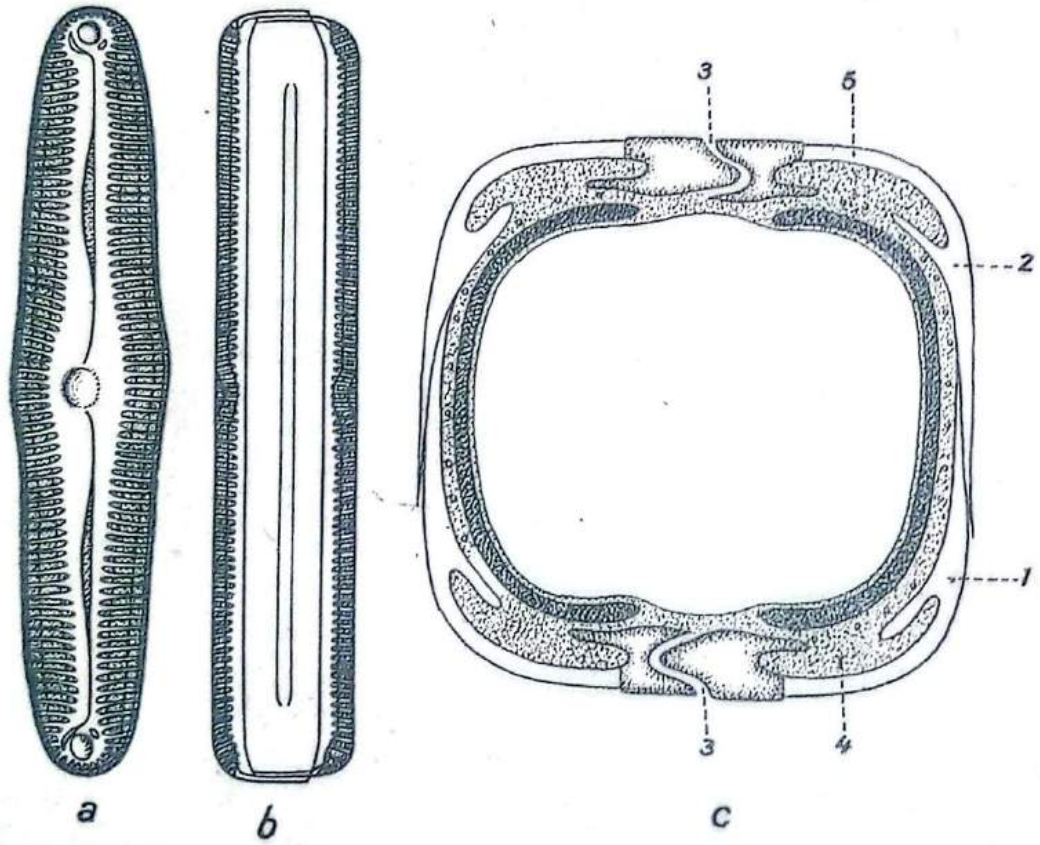
Gambar 7.
Terdjadinja zygospora dari Spirogyra.

GANGGANG KERSIK (Diatomea).

Ganggang kersik atau Diatomea adalah tumbuhan berseltunggal, jang hanja dapat dilihat dengan mikroskop. Ganggang ini kadang² berkelompok besar; kelompok² ini dapat dilihat dengan mata. Ganggang kersik berhidjau daun, serta mengandung zat warna tjoklat, karena itu warnanja kuning sampai tjoklat. Pada katja² aquaria Diatomea kelihatan berkelompok² warna tjoklat.

Diatomea terdapat: didalam laut, didalam air pajau, air tawar dan ditanah basah. Didalam laut ganggang ini merupakan sebagian dari plankton. Diatomea — dengan lain² ganggang bagian plankton — adalah makanan utama binatang laut jang ketjil. Binatang² ketjil ini mendjadi makanan binatang jang lebih besar, demikianlah selandjutnja. Kalau tidak ada Diatomea, machluk hidup didalam laut tak mungkin mendjadi sedemikian banjaknja.

Djuga didalam air tawar, terdapat matjam² plankton, tetapi disamping itu banjak djenis² jang merajap dan matjam² jang tetap.



Gambar 8. Diatomea (Navicula viridis). *a* dari atas; *b* dilihat dari samping; *c* penampang (dibesarkan); 1 kotak, 2 tutup, 3 tjelah, 4 plasma sel, 5 pembawa warna.

Diatas tanah, Diatomea terdapat ditempat-tempat basah, di Indonesia terutama pada batang² pohon, paku, lumut dll. dihutan-hutan dimana banjak hudjan turun.

Keistimewaan pada ganggang kersik ialah bangun dinding sel (Gambar 8). Dinding ini terbungkus dengan asam kersik jang merupakan kulit keras meliputi protoplast. Dinding kersik ini terdiri dari dua bagian, jang satu ditutup oleh jang lain seperti sebuah kotak dengan tutupnja (Bagian tutup selalu lebih besar dari bagian kotak).

Dinding sel itu berbingkai, dan banjak jang bertjelah. Dari tjelah² ini keluar lendir, hingga Diatomea itu dapat bergerak

diatas dasar jang padat. Ada pula beberapa djenis — jang terdapat dalam plankton — jang mempunjai bagian jang mendjulang, hingga mudah melajang didalam air.

Pembiakan takkawin ialah dengan membelah. Bermula intinja membelah, kemudian segenap protoplastnja. Setelah itu kedua belah berpisahlah. Tiap² belahan membawa sebagian dari kulitnja jang asal, belahan jang satu membawa bagian tutup, jang lain membawa bagian kotak. Belahan jang pertama membuat kotak didalam tutup dan mendjadi sama besarnja dengan sel asal. Belahan kedua mempergunakan kotak sebagai tutup dan membuat kotak baru didalamnja, hingga mendjadi lebih ketjil daripada sel asal. Demikianlah selandjutnja pada tiap² pembelahan terdapat sel baru jang lebih ketjil sehingga achirnja terdapat hasil pembelahan jang sangat ketjil. Pada saat ini keluarlah protoplast ketjil tadi dari kulitnja, kemudian tumbuh mendjadi sebesar sel asal dan membuat kulit baru.

Dalam keadaan buruk, protoplast beberapa djenis Diatomea membelah dalam beberapa bagian; bagian² itu masing² membuat kulit tebal. Dengan demikian terdjadilah spora diam; spora ini tumbuh, bila sjarat² hidupnja telah mendjadi baik.

Dizaman purbakala dalam riwajat perubahan bumi, Diatomea telah terdapat pula. Dibeberapa tempat terdapat lapisan² tanah jang terdiri dari kulit² Diatomea. *Tanah Diatomea* ini dipergunakan sebagai penjekat (isolasi) untuk menahan panas, djuga sebagai alat pengkilap, terutama dipakai dalam pembikinan dinamit [1]).

GANGGANG HIDJAU (Chlorophyceae).

Dalam golongan ini ada jang berseltunggal dan ada pula jang terdiri dari beberapa buah sel. Biasanja warnanja hidjau benar. Ganggang hidjau terdapat diberbagai tempat dilaut, didalam air pajau, didalam air tawar dan didarat ditempat tempat basah. Beberapa matjam hidup diatas tembok, diatas batang pohon dsb. ada djuga jang tumbuh diatas daun hidup.

Djenisnja banjak, tetapi disini akan dibitjarakan hanja beberapa djenis sadja.

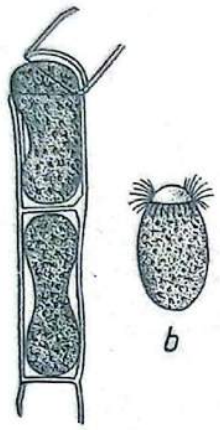
Gambar 9. Pleurococcus.

Pleurococcus (Gambar 9) jaitu ganggang hidjau jang terkenal. Ganggang ini sangat ketjil, berseltunggal, terutama hidup didarat, umpamanja diatas tembok, batang pohon dsb. Membiaknja dengan membelah. Setelah membelah, sel² berkelompok selama beberapa waktu.

Oedogonium (Gambar 10) berbentuk benang, hidup didalam air,

[1]) Dinamit adalah nitrat glycerine (kerapkali disebut nitroglycerine), disap oleh tanah diatomea.

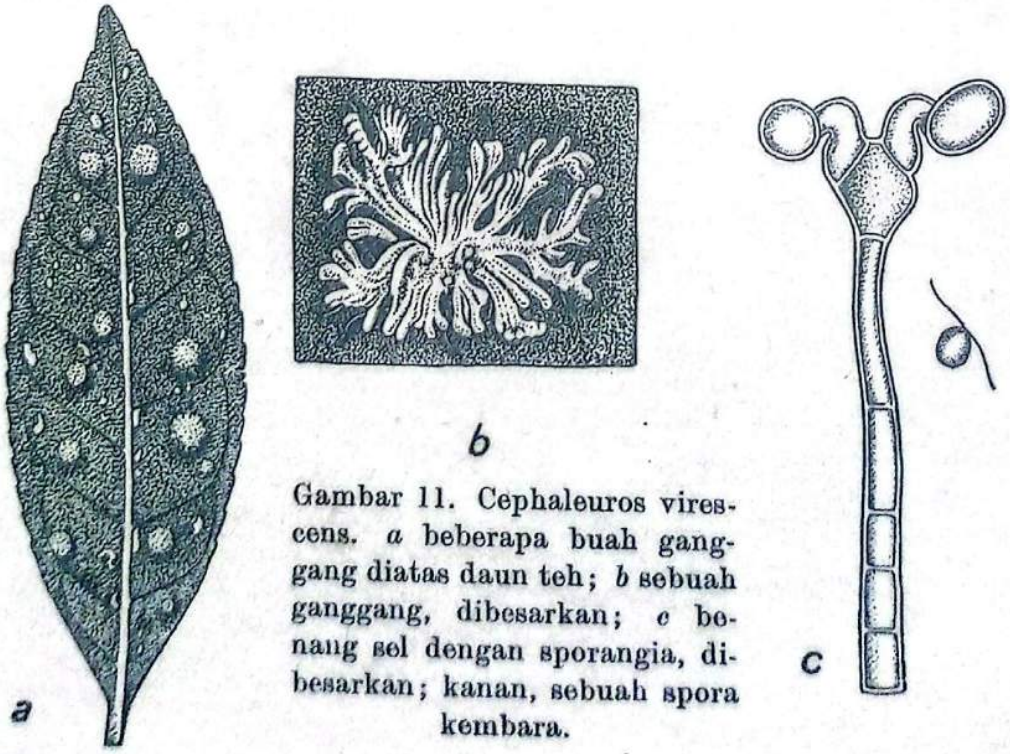
kebanjakan melekat pada tanaman² air jang lain, pada rumah siput dll. Pembiakan takkawin berlangsung sebagai berikut: Protoplast dalam beberapa sel melepas dari kulitnja, mendjadi bulat dan mendapat sebuah karangan bulu tjambuk pada udjungnja. Kemudian petjahlah kulit tadi, hungga isinja keluar; anak-ganggang ini berenang didalam air, mentjari tempat jang baik, dimana ia melekat dan tumbuh mendjadi ganggang baru.



Gambar 10. Oedogonium. *a* timbulnja spora berenang dalam benang; *b* spora berenang.

Perhatian: Bagian² tumbuh-tumbuhan, alat pembiak, jang melajang namanja *spora kembara*, terdapat banjak pada matjam² ganggang. Spora demikian terutama berguna bagi tumbuhan air jang melekat sebagai alat penjebar setjara aktif; selain dari itu tumbuhan djuga tersebar dengan dihanjutkan air bah (setjara passif). Spora kembara biasanja tertarik oleh tjahaja matahari, karena itu dapat tumbuh ditempat-tempat jang baik untuk hidupnja.

Cephaleuros virescens (Gambar 11). Di Indonesia banjak terdapat. Ganggang ini hidupnja menumpang (parasitik) pada daun beberapa matjam pohon dan semak. Dengan mata ganggang ini kelihatan sebagai keping² berwarna djingga. Warna ini berasal dari sematjam minjak, jang menutupi warna chlorophyl. Cephaleuros virescens kadang² merugikan tanaman, misalnja pada daun teh terkenal sebagai ,,red rust'' (Karat merah).



Gambar 11. Cephaleuros virescens. *a* beberapa buah ganggang diatas daun teh; *b* sebuah ganggang, dibesarkan; *c* benang sel dengan sporangia, dibesarkan; kanan, sebuah spora kembara.

Pembiakan takkawin (vegetatif). Pada tumbuhan timbul beberapa utas benang jang mendjulang keatas; diudjungnja ada sebuah karangan tubuh jang berbentuk bulat. Dalam tubuh ini terdjadi sedjumlah spora² kembara berbulu tjambuk dua buah. Bagian tubuh jang berisi spora tersebut namanja *kotak spora* atau *sporangium*. Sporangium jang telah masak, gugur, kemudian diselenggarakan angin. Oleh sebab itu sporangium dapat tersiar amat djauh. Bilamana hudjan turun, kotak² spora ini petjah, serta keluarlah spora² kembaranja, kemudian tumbuh mendjadi tumbuhan baru.

Perhatian: Ganggang jang hidup didalam airpun membuat sporangium, tetapi kotak² ini tidak dilepaskan sama sekali. Hanja spora kembaranja terlepas dan mengurus penjelenggaraan. Terlepasnja sporangium Cephaleuros dapat dianggap *menjesuaikan hidup didarat*. Sebagaimana halnja dengan semua tumbuhan darat Cephaleurospun berasal (turunan) dari tumbuhan air. Spora² kembaranja mempunjai tanda² tumbuhan air.

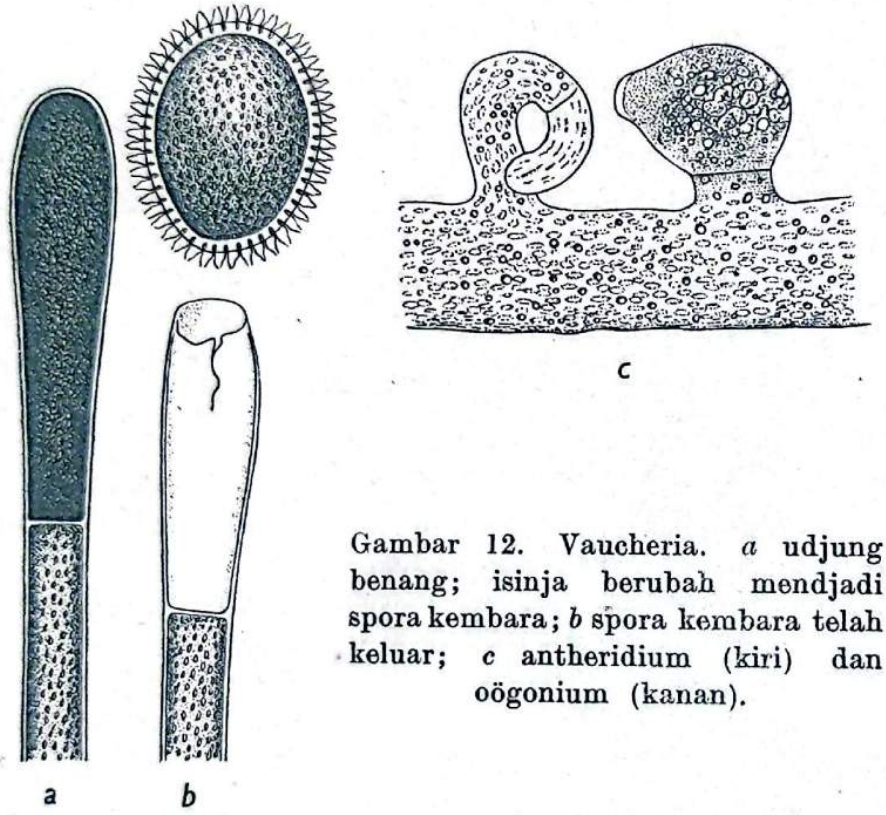
Pembiakan kawin (generatif). Perkawinan pada Cephaleuros dilakukan oleh beberapa matjam sel, jakni *sel² kelamin* atau *gameet*. Gameet ini timbul didalam tubuh² jang tertentu, jaitu dalam *alat perkawinan*, dan sebagai djuga spora kembara, berbulu tjambuk. Dua buah sel kelamin harus bersatu, agar mendjadi sebuah tumbuhan baru. Binasalah sebuah gameet kalau tak bertemu dengan lawannja.

Vaucheria (Gambar 12) hidup didalam air tawar dan ditempat² basah didarat. Tumbuhan ini berbentuk benang, warnanja hidjau benar. Ganggang ini lazimnja melekat dengan tubuhnja jang berupa akar. Bangunan dalamnja berlainan dengan bangunan ganggang jang telah dibitjarakan. Tumbuhan ini bersel banjak, akan tetapi diantara sel masing² tiada terdapat dinding, melainkan seluruh tumbuhan itu berdinding satu. Didalamnja terdapat plasma dengan sedjumlah inti².

Pembiakan takkawin. Udjung benang sekonjong-konjong terpisah dari bagian lainnja, karena membentuk sebuah dinding melintang. Isi udjung ini kemudian berubah mendjadi sebuah spora kembara jang besar; sekitarnja terdapat bulu² tjambuk. Spora² itu — dapat dilihat dengan mata — melekat pada suatu benda dan tumbuh mendjadi seutas benang baru.

Perkawinan. Djuga Vaucheria membentuk sel² kelamin. Timbulnja disamping benang itu. Ada dua matjam sel kelamin, jaitu jang djantan atau *antheridium* dan jang betina atau *oögonium*. Antheridium biasanja seperti tabung berisi *spermatozoid*. Mani ini amat ketjil dan dapat bergerak dengan kekuatan sendiri. Oögonium biasanja bulat, berkelis; kelis ini berlubang. Oögonium berisi sebuah sel kelamin besar dan tidak bergerak, disebutnja *seltelur*. Apabila seltelur ini telah masak, masuklah sebuah sper-

matozoid melalui lubang kelis, kemudian bersatu dengan seltelur. Bersatunja kedua sel itu disebut *perkawinan*, maka dapat kita sebutkan djuga bahwa seltelur itu telah kawin dengan spermatozoid. Dari seltelur jang telah dibuahi terdjadilah sebuah tumbuhan muda.



Gambar 12. Vaucheria. *a* udjung benang; isinja berubah mendjadi spora kembara; *b* spora kembara telah keluar; *c* antheridium (kiri) dan oögonium (kanan).

Apabila kita simpulkan uraian jang tersebut diatas ini, maka pembiakan ganggangbiru itu berlaku setjara berikut:

1. *dengan takkawin*:
   a. dengan djalan pembelahan sel,
   b. dengan spora.
2. *dengan kawin*:
   a. dengan bersatunja dua buah sel jang sama besar dan bergerak dengan kekuatan sendiri.
   b. dengan perkawinan spermatozoid (ketjil, bergerak) dengan seltelur (besar, diam).

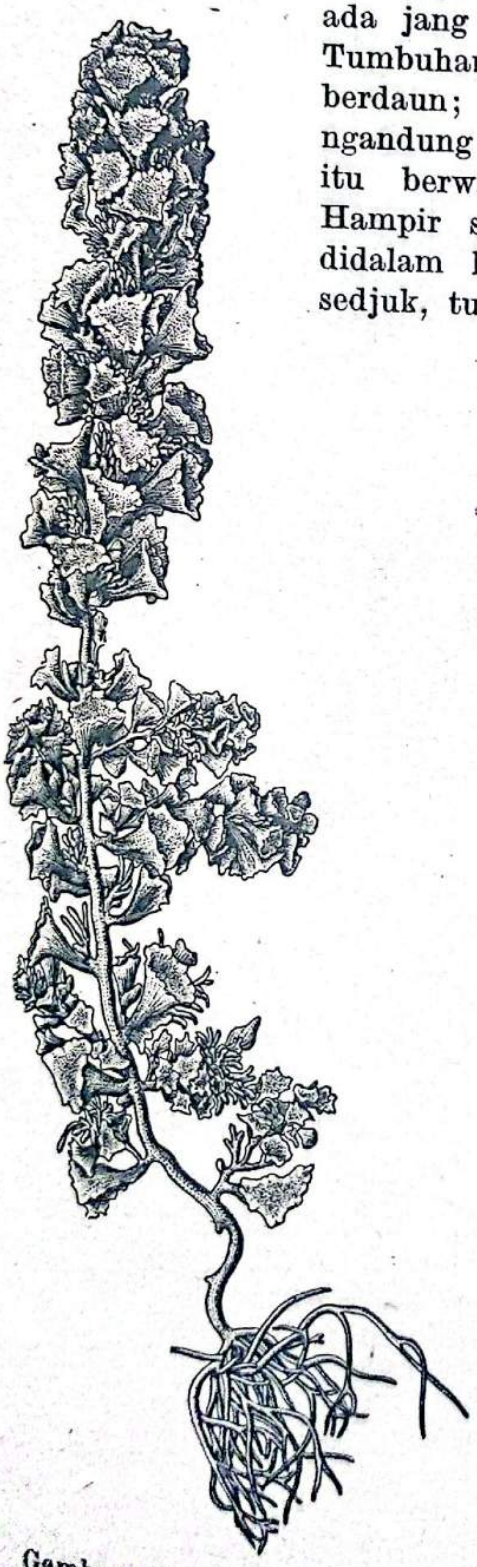
Perhatian: Tiap² sel bakteri, ganggangbiru, gangganggandar, dan diatomea, pekerdjaannja — disamping pekerdjaan lain — ialah mengatur perkembangan bangsanja.

Gangganghidjau jang berseltunggal, demikian pula halnja, tetapi gangganghidjau jang bersel banjak membiaknja berlainan, jakni *hanja beberapa buah sel sadja jang mengurus perkembangan bangsanja*, sedang pekerdjaan lain diurus oleh golongan sel jang lain lagi. Dengan demikian terdapat *pembagian pekerdjaan*. Tumbuh

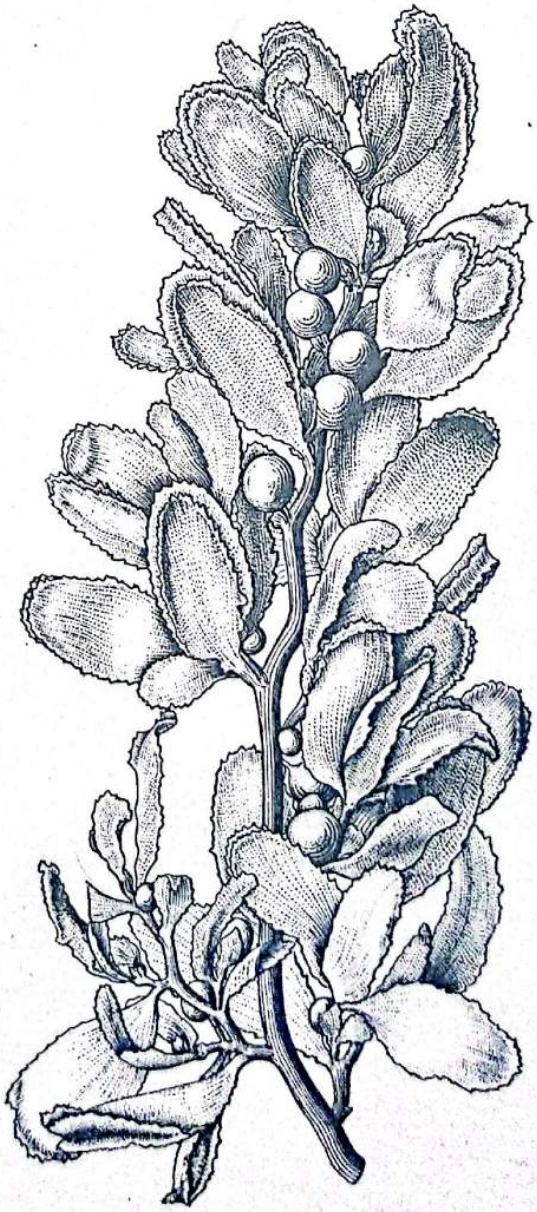
tumbuhan jang mempunjai systim pembagian pekerdjaan, dianggap „lebih sempurna" daripada jang lain, jang dianggap kurang sempurna.

GANGGANG PERANG (Phaeophyceae).

Ganggangperang biasanja besar, terdiri dari sel² banjak, kadang² ada jang beberapa puluh meter pandjangnja. Tumbuhan ini seperti berakar, berbatang dan berdaun; lagi pula berhidjau daun dan mengandung zat warna kuning atau tjoklat, karena itu berwarna kuningtjoklat atau merahtua. Hampir semua djenis ganggangperang hidup didalam laut, terutama didaerah-daerah jang sedjuk, tumbuhnja setjara luas dipantai-pantai.



Gambar 13. Turbinaria.



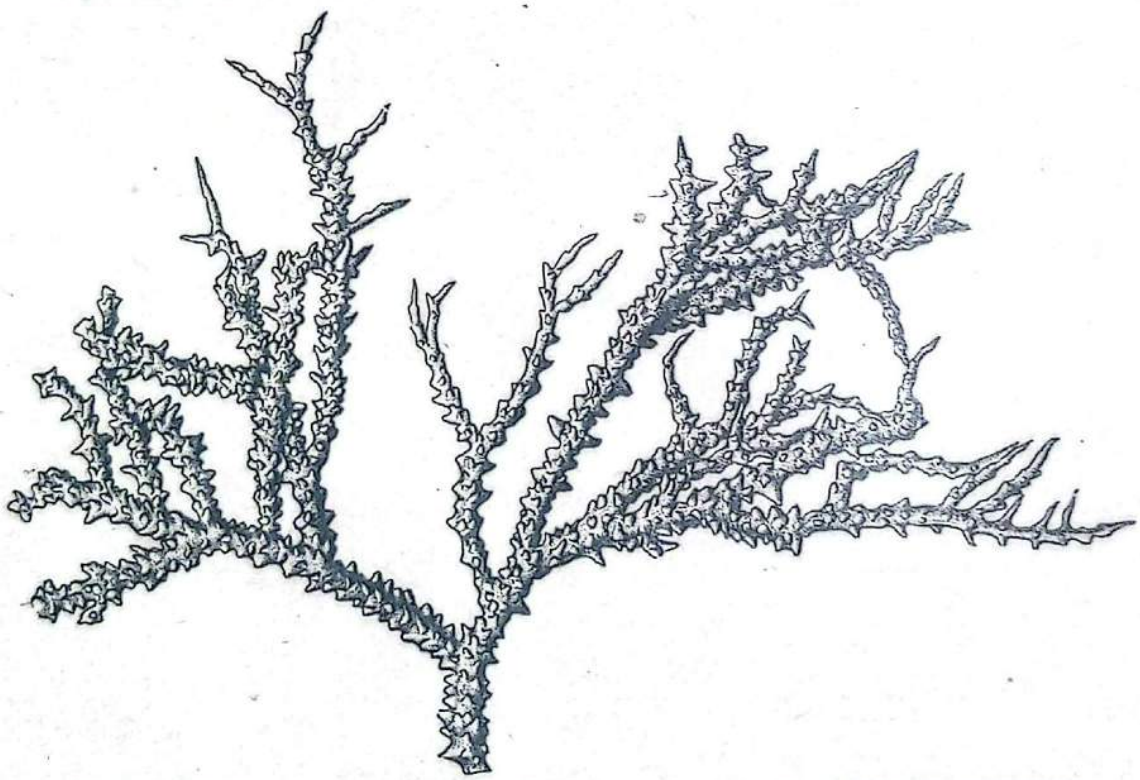
Gambar 14. Sargassum.

Gambar 13 dan 14 menundjukkan beberapa djenis jang hidup dipantai samudera Hindia.

Ganggangperang kerapkali hidup didalam arus laut, karena itu amat liat, dan melekat kepada sebuah benda dengan bagian tumbuhnja jang berupa akar (Gambar 13). Tetapi tumbuhnja agak terlepas dan terapung-apung bebas diatas permukaan air. Karena adanja gelembung² hawa dalam tubuhnja maka sangat mudah terapung diatas air. (Gambar 14).

GANGGANG MERAH (Rhodophyceae).

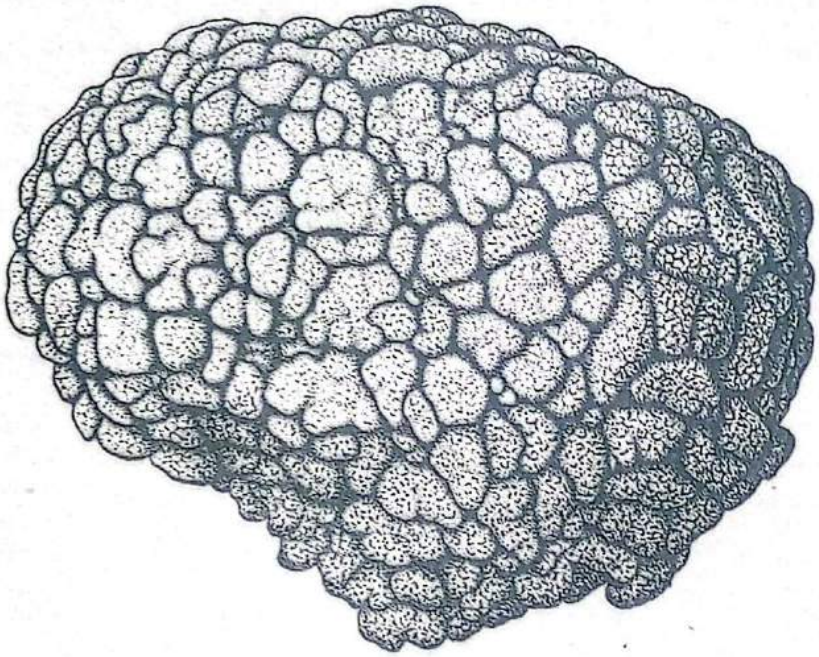
Ganggang merah terdiri dari sel² banjak; djenis²nja jang besar seperti jang berakar, berbatang dan berdaun. Ganggang ini ber-



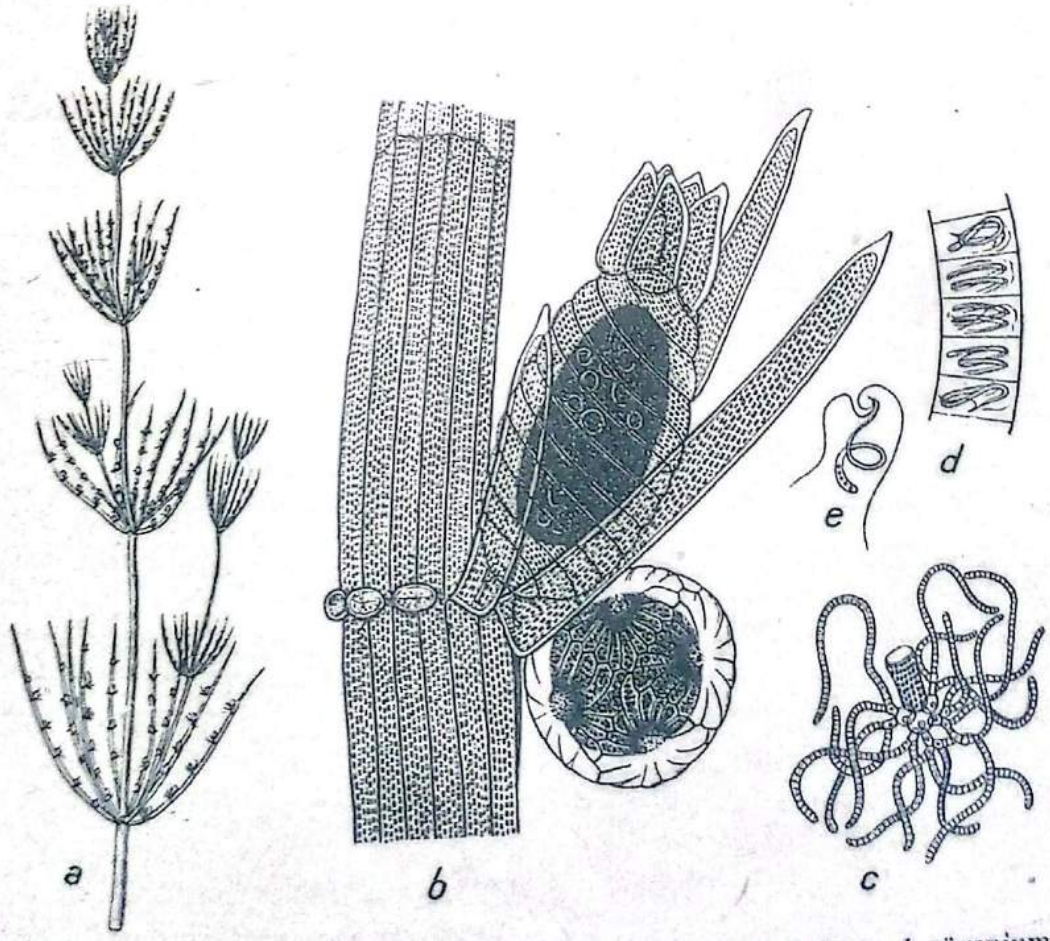
Gambar 15. Ganggangmerah (Eucheuma spinosum) jang dibuat agar agar.

hidjau daun, dan mengandung zat warna merah, karena zat inilah warnanja merah hingga merahtua atau ungu. Hampir semua Rhodophyceae hidup didalam laut; didalam air tawar hanja terdapat beberapa matjam sadja. Tumbuhan ini melekat kepada ganggang lain, kepada batu, karang dll. Hidupnja agak dalam (dilautan Indonesia sampai 30 m) hingga tempat² jang kurang tjahaja matahari (tetap ganggangbiru hidupnja lebih dalam).

Sel² beberapa djenis ganggangmerah diluarnja berlendir; djenis inilah jang banjak dibuat *agar-agar* (Gambar 15). Lain djenis lagi diliputi kapur tohor (calciumcarbonat), karena itu amat keras, sedangkan rupanja seperti karang (Gambar 16).



Gambar 16. Ganggangmerah jang diliputi kapur (Goniolithon Reinboldi).



Gambar 17. Ganggangkarangan (Chara). *a* bagian tumbuhan; *b* oögonium dan antheridium; *c* ikatan benang dari antheridium; *d* bagian benang, dibesarkan; *e* spermatozoid.

GANGGANG KARANGAN (Characeae).

Ganggangkarangan hidup hanja didalam air tawar, di Indonesia banjak terdapat disawah-sawah. Bangunnja teratur, mempunjai ibu poros, jang terdiri dari ruas² pandjang dan buku² pendek. Diatas buku² terdapat lingkaran tjabang². Dari ketiak salah suatu tjabang timbul sebuah anak poros jang berbentuk sama dengan ibu poros. Dibawah terdapat bagian² tubuh berupa akar, dan dengan „akar" inilah ganggang itu melekat kepada tanah.

Pembiakan takkawin tidak ada. Penjelenggaraan generatif berlaku dengan djalan pembuahan seltelur.

Pada buku² lingkaran tjabang timbul antheridium dan oögonium (Gambar 17*b*). Antheridium ini bentuknja bulat dan berwarna djingga. Dindingnja terbangun dari delapan buah sel jang berbentuk perisai. Sel² ini bertangkai dan berbulu; bulu² ini mengisi segenap antheridium. Dalam tiap² sel dari bulu (benang) ini terdjadi sebuah spermatozoid. Oögoniumnja berisi sebuah seltelur besar. Dindingnja terdiri dari lima buah benang berbentuk sekerup. Benang ini diudjungnja berpisah hingga merupakan sebuah „mahkota". Apabila oögonium telah masak, masuklah sebuah spermatozoid kedalamnja dengan melalui lubang tadjuk. Kemudian bersatulah spermatozoid ini dengan seltelur dan terdjadilah sebuah tumbuhan muda.

TJENDAWAN (Fungi) = DJAMUR.

Tjendawan kadang² dibangun dari sebuah sel, tetapi kebanjakan terdiri dari sel² banjak. Tjendawan *tidak berhidjau daun*, karena itu tak dapat hidup dari zat² anorganik sadja, tetapi djuga membutuhkan zat² organik untuk hidupnja. Fungi hidupnja saprophytik atau parasitik. Matjam² jang saprophytik amat berguna sebagai penghantjurkan sampah organik, tumbuhan dan bagian tumbuhan jang telah mati (daun² dan tjabang²). Dengan demikian zat² makanan jang tertimbun dalam benda² jang mati itu, bebaslah dan dapat dipergunakan lagi oleh tumbuh-tumbuhan baru. Djenis² fungi jang parasitik kerapkali amat merugikan, karena merusak tanaman; banjak penjakit tumbuh-tumbuhan disebabkan oleh tjendawan. Ada beberapa djenis jang menimbulkan penjakit kepada manusia atau hewan.

Bangun. Djamur jang sederhana terbangun dari sebuah sel, tetapi kebanjakan terdiri dari beberapa utas benang jang dinamai *hyphe*.

Djamur jang bersel banjak, biasanja terdiri dari dua bagian; jaitu bagian *pengurus makanan* (bagian vegetatif) dan jang *mengurus pembiakan* (bandingkanlah dengan hal² jang disebutkan pada gangganghidjau).

Bagian vegetatif lazimnja terdiri dari sebuah djaringan benang², jang dinamai *mycelium*. Bagian ini menembus kedalam benda mati, sampah atau tubuh hewan mati; atau hidup sebagai parasit pada machluk hidup.

Bagian pembiak bentuknja bermatjam-matjam.

Pembagian. Djamur dapat dibagi dalam dua bahagian jakni:

1. *Djamur ganggang.*

Myceliumnja berbentuk tabung, biasanja tidak terbagi-bagi dalam beberapa sel: tabung itu bertjabang atau tidak bertjabang dan berisi plasma dengan inti banjak (bandingkanlah dengan Vaucheria).

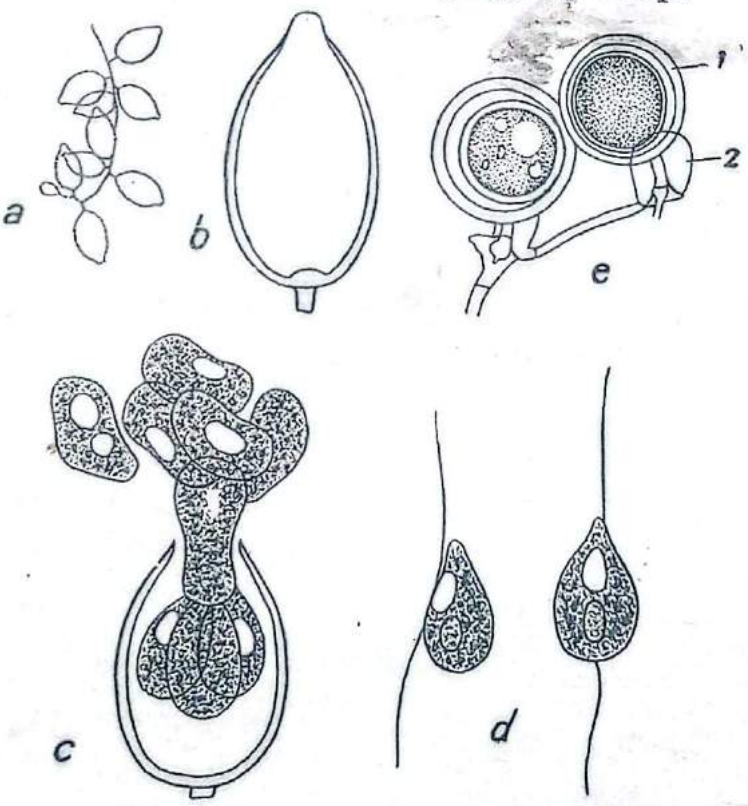
2. *Djamur benar.*

Myceliumnja terbagi dalam beberapa sel dengan dinding melintang.

DJAMUR GANGGANG (Phycomycetes).

Mycelium tak berdinding melintang.

Sebagaimana tersebut pada namanja, djamur ganggang serupa dengan ganggang, terutama banjak jang menjerupai ganggang hidjau. Banjak djamur ganggang hidupnja parasitik. Disini akan dibitjarakan tiga matjam djamurganggang jang menimbulkan penjakit pada beberapa tanaman:



Gambar 18. Phytophtora Faberi. *a* Tumbuhan dengan sporangium; *b* sporangium dibesarkan; *c* sporangium jang terbuka, spora kembaranja keluar; *d* spora kembara; *e* oögonium (1), antheridium (2).

Phytophtora Faberi (Gambar 18) menimbulkan penjakit pada pohon karet jang dinamai *pekung bertjorak* pada luka bekas menjadap.

Phytophtora Nicotianae menjerang daun tembakau.

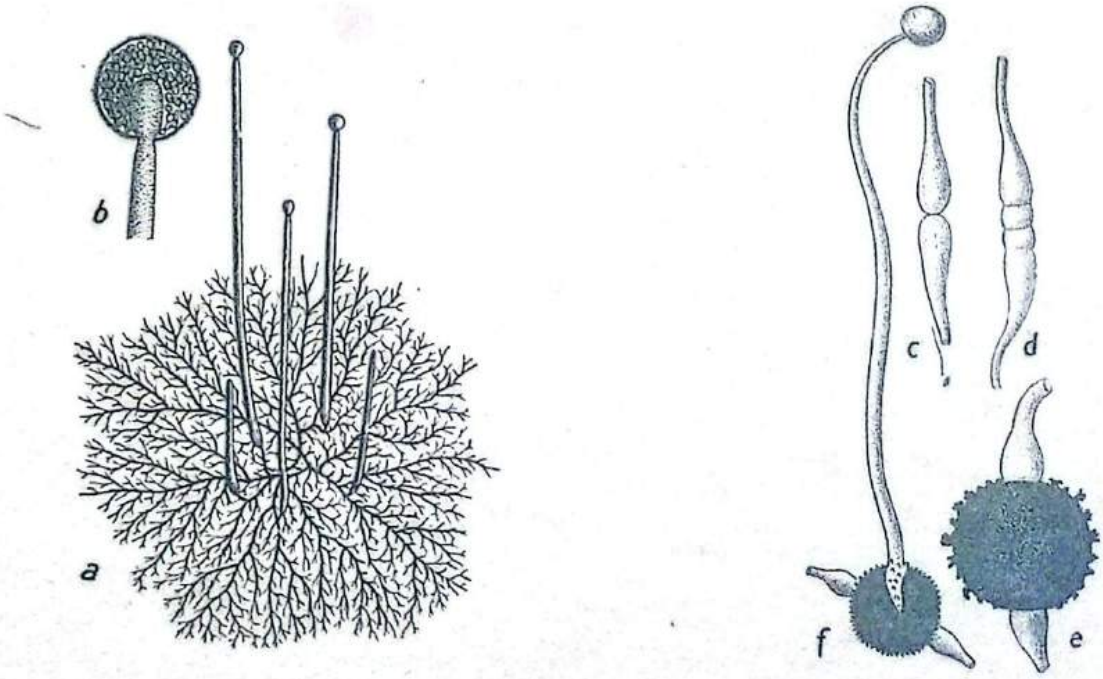
Phytophtora infestans menimbulkan penjakit pada kentang. Di Eropah timbulnja penjakit ini sudah lama, djuga di Indonesia penjakit ini berdjangkit; dalam tahun 1937 banjak tanaman gagal karenanja.

Mycelium tjendawan ini menembus keantara sel² tumbuhan inang lalu membuat alat pengisap dan dengan alat ini diisapnjalah isi sel tumbuhan inang, hingga kosong.

Selandjutnja mycelium tadi membuat benang² pandjang dan bertjabang; benang² ini mendjulang keluar. Pada benang² ini timbullah sporangium² jang bentuknja londjong. Sporangium ini, apabila masak, gugur berikut benangnja dan dengan demikian disebarkan angin. Kalau sporangium ini djatuh pada tempat basah, isinja membelah mendjadi beberapa spora kembara. Spora ini keluar untuk menjebar, kemudian tumbuh mendjadi benang dan memasuki sebuah tumbuhan inang.

Dikenal pula penjelenggaraan dengan djalan perkawinan, jakni dengan perkawinan sebuah seltelur.

Perhatian: Djamur ganggang kebanjakan hidup didalam air, tetapi Phytophtora telah meninggalkan lingkungan hidupnja dan mendjadi tumbuhan darat. Spora kembaranja menundjukkan tanda² tumbuhan air. Terlepasnja sporangium dan tersebarnja dengan terbawa angin, boleh dianggap menjesuaikan dirinja kepada penghidupan didarat (bandingkanlah dengan Cephaleuros). Timbulnja sporangium diatas benang² hyphe jang pandjang jang mendjulang djauh dari tumbuhan inangpun dapat dianggap sebagai penjesuaian diri dengan penjebaran dalam udara. Duduknja adalah demikian rupa, hingga mudah tertiup angin.



Gambar 19. Mucor mucedo. *a* Mycelium dengan pembawa sporangium *b* penampang sporangium; *c—e* tingkatan tumbuhnja zygospora; *f* zygospora sedang tumbuh.

Tjontoh djamur ganggang jang saprophytik adalah:

Mucor mucedo atau *djamur kepala* (Gambar 19); hidupnja biasanja diatas tumpukan kotoran hewan. Myceliumnja bertjabang banjak; dari mycelium ini timbul beberapa benang tak-bertjabang lurus keatas, jang membuat bantal[2] berwarna perak. Diudjung benang timbul sporangium bulat, jang berisi spora kembara diam (tak bergerak). Apabila spora ini keluar, maka tersebarlah dengan angin, dan tumbuhlah mendjadi mycelium baru.

Perhatian: Sebagai tumbuhan darat lainnja, Mucorpun membuat spora diam, jang disebarkan angin atau dibawa oleh binatang. Maka tjendawan ini lebih djauh menjesuaikan dirinja dengan penghidupan didarat daripada Phytophtora, jang masih membuat spora kembara.

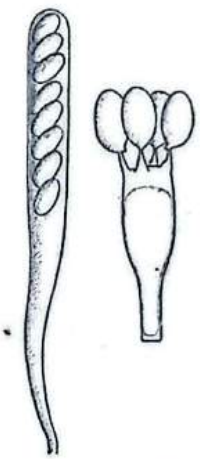
DJAMUR BENAR (Eumycetes).

Mycelium berdinding melintang.

Djamur benar diselenggarakan dengan spora diam, djadi telah sesuai dengan hidupnja tumbuhan darat. Spora ini dibuat dalam beberapa sel besar; timbulnja bertangkai, didalam atau diatas sel (Gambar 20).

Sel jang membuat spora didalamnja, namanja *ascus*, jang membuat spora diatas disebut *basidium*.

Djamur jang membuat spora dalam ascus, disebut *Ascomycete*, jang membuatnja dalam basidium, namanja *Basidiomycete*.



Gambar 20. Ascus (kiri) dan basidium (kanan).

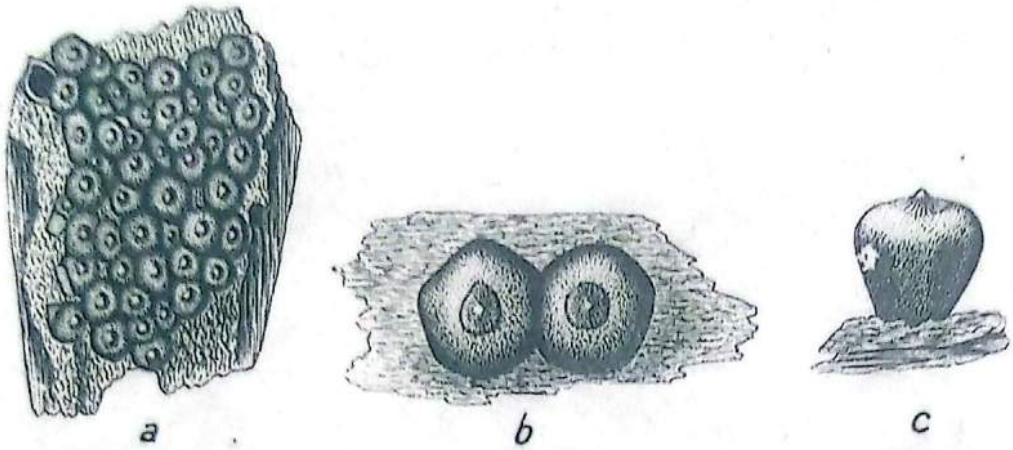
Ascomycete.

Ascusnja dibuat pada tubuh jang tertentu, jang terdiri dari djaringan benang hyphe. Bentuknja seperti botol atau pinggan, namanja *tubuhbuah*. Pada gambar 21 terlihat tubuhbuah berbentuk botol. Didalamnja ada sebuah rongga; dalam rongga ini mendjulang beberapa benang hyphe, jang menggelembung dan mendjadi ascus.

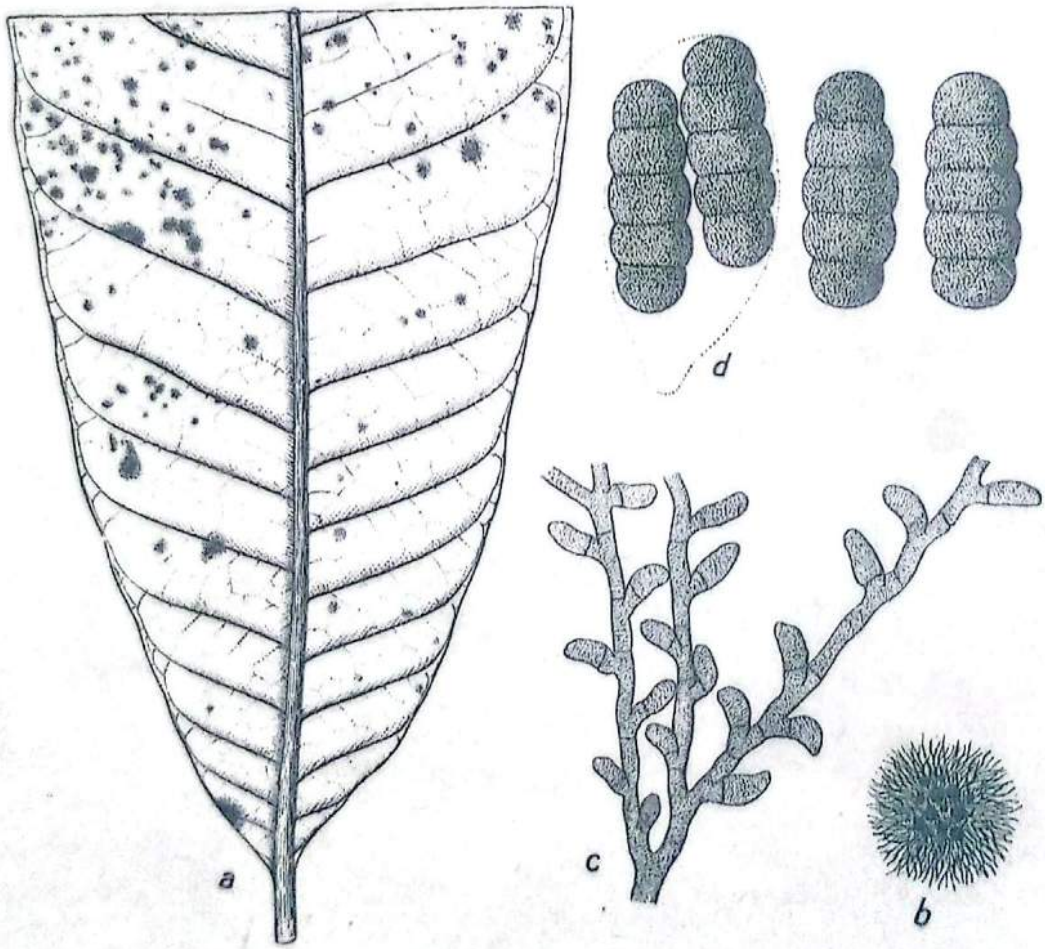
Ascomycete bermatjam-matjam; jang terkenal:

Meliola (Gambar 22). Membuat bintik[2] hitam berbulu halus pada beberapa tumbuh-tumbuhan, misalnja diatas daun mempelam (mangga). Myceliumnja terletak diatas daun, membuat alat pengisap, jang memasuki sel[2] tumbuhan inang. Ascus[2]-nja timbul dalam tubuhbuah jang bulat.

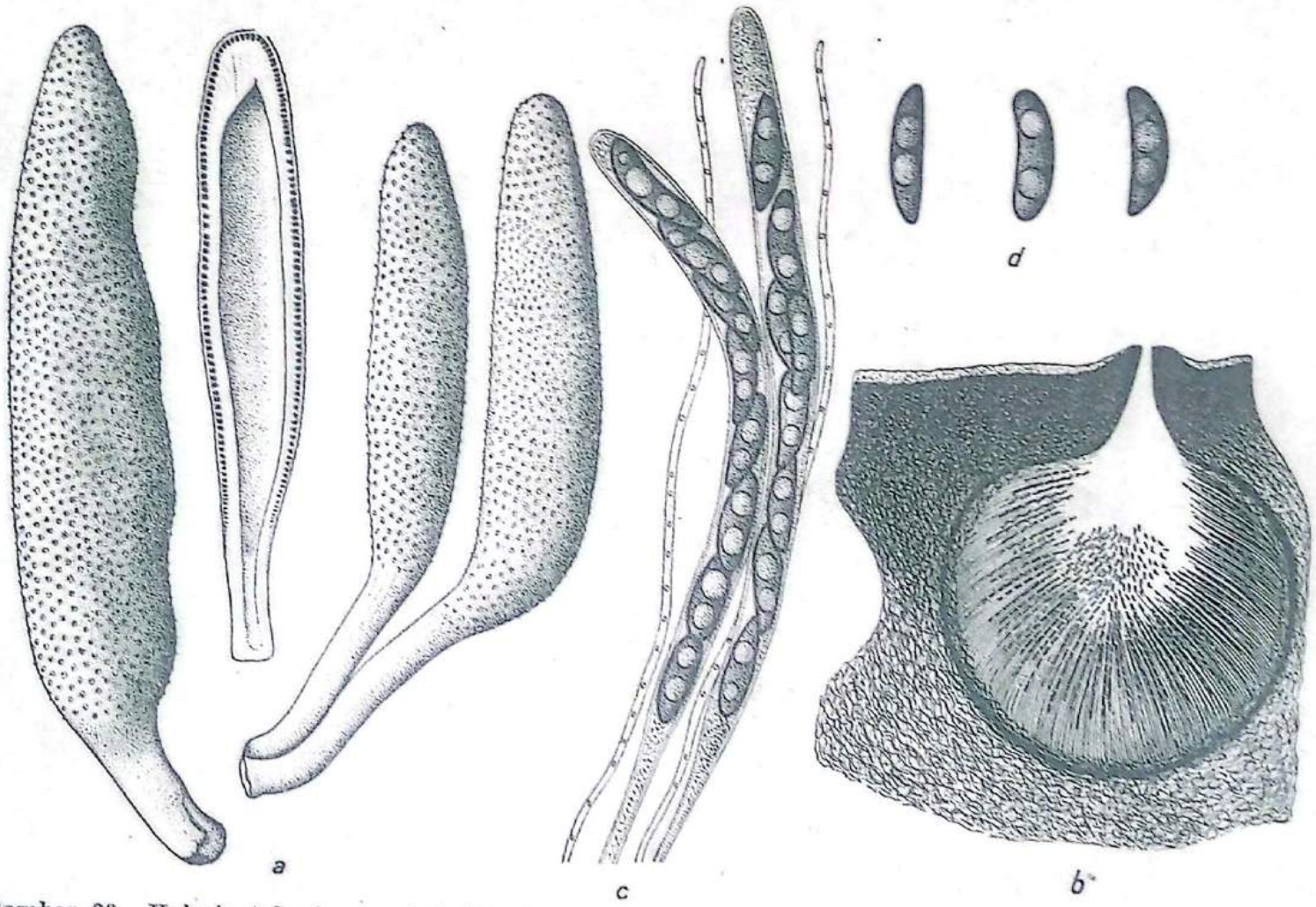
Xylaria (Gambar 23). Tubuhbuahnja terletak dalam sebuah tenunan dasar umum. Dengan demikian terdjadilah *tubuhbuah*



Gambar 21. Tubuhbuah Ascomycete (Rosellinia arcuata, sebuah saprophyt jang banjak terdapat pada kaju mati); *a* besar sebenarnja; *b* dibesarkan 3 ×; *a* dan *b* dilihat dari atas; *c* dilihat dari samping.



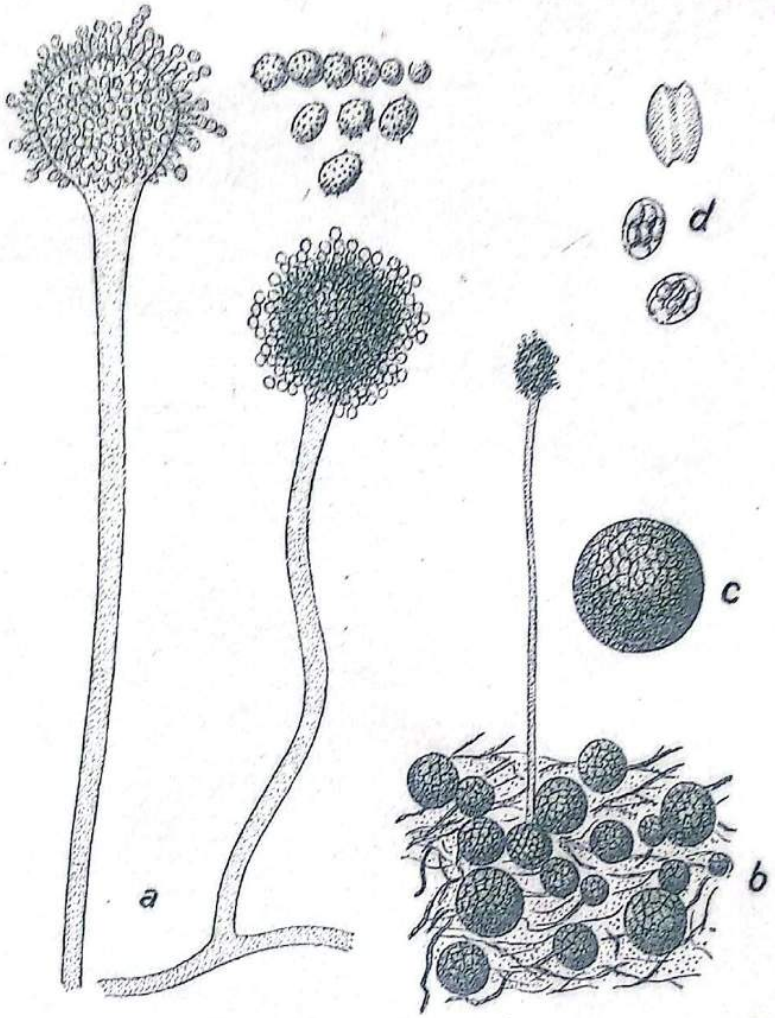
Gambar 22. Meliola Mangiferae. *a* diatas daun mangga (Mangifera indica); *b* sebuah tumbuhan, agak dibesarkan; *c* bagian mycelium, dibesarkan; *d* ascus dan spora.



Gambar 23. Xylaria tabacina. *a* tubuhbuah, jang satu disajat membudjur; *b* rongga dengan ascus; *c* ascus; *d* spora.

madjemuk; bentuknja bulatpandjang, bertangkai; kadang² bertjabang. Warnanja kehitam-hitaman hingga hitam benar. Tenunan dalamnja berwarna putih; jang berwarna hitam hanja kulitnja sadja.

Dibawah kulit terdapat selapis rongga² ketjil; rongga² ini mempunjai saluran keluar guna djalan spora.



Gambar 24. Aspergillus glaucus. *a* pembawa conidia dan conidia terlepas; *b* mycelium dengan tubuhbuah dan sebuah pembawa conidia; *c* tubuhbuah dibesarkan; *d* dua buah ascus dan sebuah ascospora, dibesarkan.

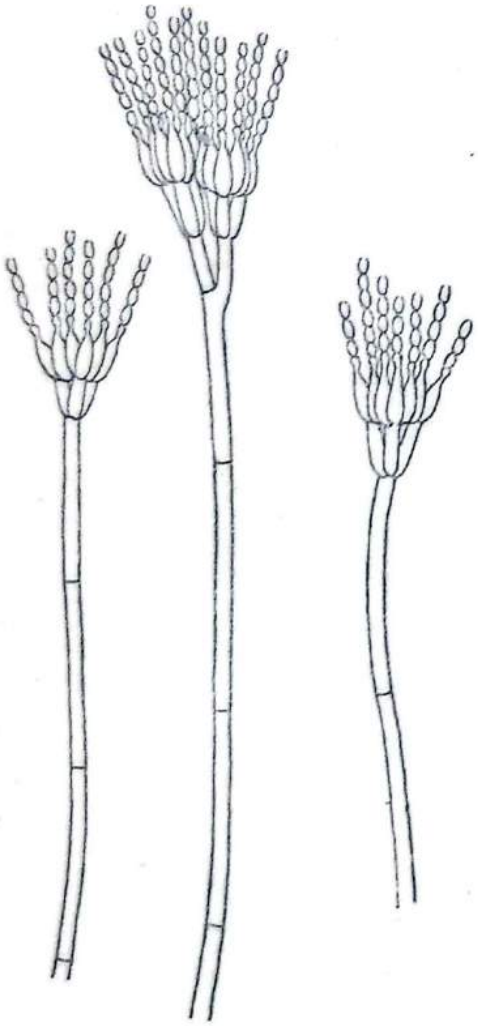
Djenis Xylaria jang besar adalah *X. tabacina*, banjak terdapat dipegunungan pada batang² pohon jang telah busuk. Tubuhbuahnja berwarna tjoklat, pandjangnja kadang² sepuluh cm atau lebih.

Aspergillus (Gambar 24). Banjak terdapat pada buah-buahan, tumbuhan mati, kulit, kedju dan berbagai substrat. Tubuhbuahnja ketjil, berwarna kuning.

Penting bagi Aspergillus adalah pembiakan sebagai berikut: dari

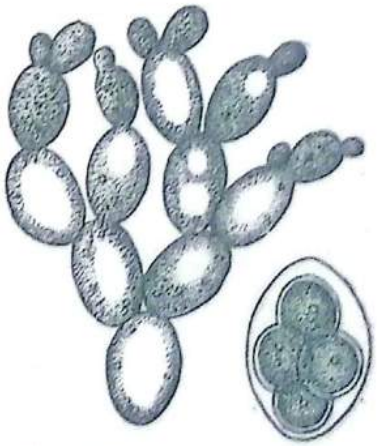
mycelium timbul beberapa utas benang lurus keatas. Diudjungnja benang ini menggelembung; pada gelembung itu terdapat sel[2] pandjang, masing[2] mempunjai tubuh jang rupanja seperti spora. Tubuh[2] ini disebut *conidia*.

Penicillium atau *djamur pensil* (Gambar 25). Sedjenis dengan djamur jang tersebut diatas dan banjak terdapat pada substrat jang sama. Tjara membiaknja boleh dikatakan hanja dengan conidia semata-mata; conidia ini timbul diudjung benang hyphe jang bertjabang.



Gambar 25. Penicillium.

Beberapa djenis Penicillium dapat mengeluarkan zat, jang tidak dapat memberi penghidupan kepada bakteri dan tjendawan disekitarnja. Zat ini dinamai Penicillin dan banjak dipergunakan untuk memberantas berbagai penjakit jang disebabkan oleh beberapa



Gambar 26. Ragi; dikanan bawah sebuah ascus, dibesarkan.

matjam bakteri. Selain dari Penicillium dan Aspergillus ada djuga beberapa djenis tjendawan jang mengeluarkan zat sematjam itu.

Ragi. Ascomycete jang sangat penting ialah *ragi*, tumbuhan berseltunggal, jang hanja dapat dilihat dengan mikroskop. Ragi terdapat dimana-mana, terutama dalam tjairan jang mengandung gula, misalnja buah-buahan; dalam air jang keluar dari pohon[3] atau didalam madu bunga dll.

Kebanjakan ragi membiak dengan tjara luar biasa. Sel[3]nja tidak membelah setjara biasa, tetapi tumbuhlah pada sel itu sebuah pentul jang bergelembung jang makin lama makin bertambah

besar. Bermula „sel" baru ini melekat pada jang lama, tetapi lambat laun terlepaslah (Gambar 26). Pembentukan pentul ini merupakan suatu sifat istimewa bagi ragi².

Kadang² didalam sebuah sel ragi timbul sedjumlah — empat buah — spora; hingga segenap tumbuhan itu dapat disamakan dengan sebuah ascus.

Ragi terkenal, karena dapat mengubah gula mendjadi alkohol dan gas asam arang (meragi); oleh sebab itu banjak dipergunakan untuk membuat alkohol.

Ragi jang amat terkenal ialah *ragi bir*, djuga disebut *ragi roti*, lazim dipergunakan untuk membuat bir. Ragi ini djuga dipergunakan untuk mebuat roti, agar tepungnja dapat menggelembung, karena timbulnja gas asam arang dan oleh sebab itu lebih mudah ditjernakannja. Ragi bir biasa ditanam (dipelihara) orang.

Basidiomycete.

Basidiomycete terbagi atas beberapa golongan. Jang akan dibitjarakan disini ialah:

1. *Djamur api.*
2. *Djamur karat.*
3. *Djamur kuping.*
4. *Djamur karang.*
5. *Djamur lubang.*
6. *Djamur bilah.*
7. *Djamur perut.*

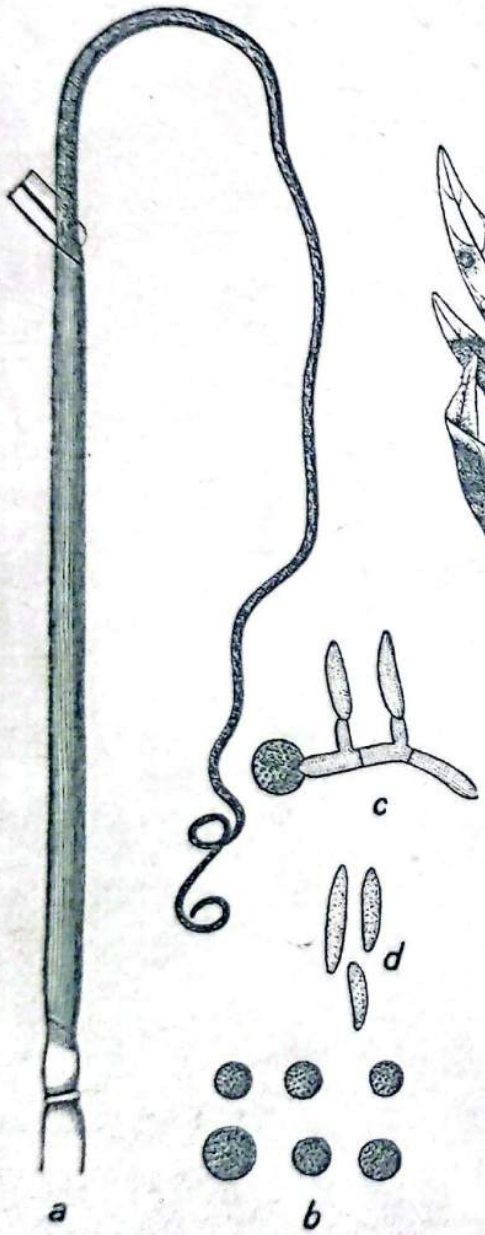
Ketjuali dalam golongan 1 dan 2 banjak basidia terdapat diatas atau didalam tubuhbuah. Tubuhbuah ini senantiasa terdiri dari anjaman benang² tetapi rupa² bentuknja.

Diantara Basidiomycete banjak jang meliputi udjung akar pohon² seluruhnja atau memasuki sel² akar. Akar beserta mycelium demikian dinamai *mycorrhiza*, djamurnja mungkin amat penting untuk mengisap air dan zat² garam dari dalam tanah.

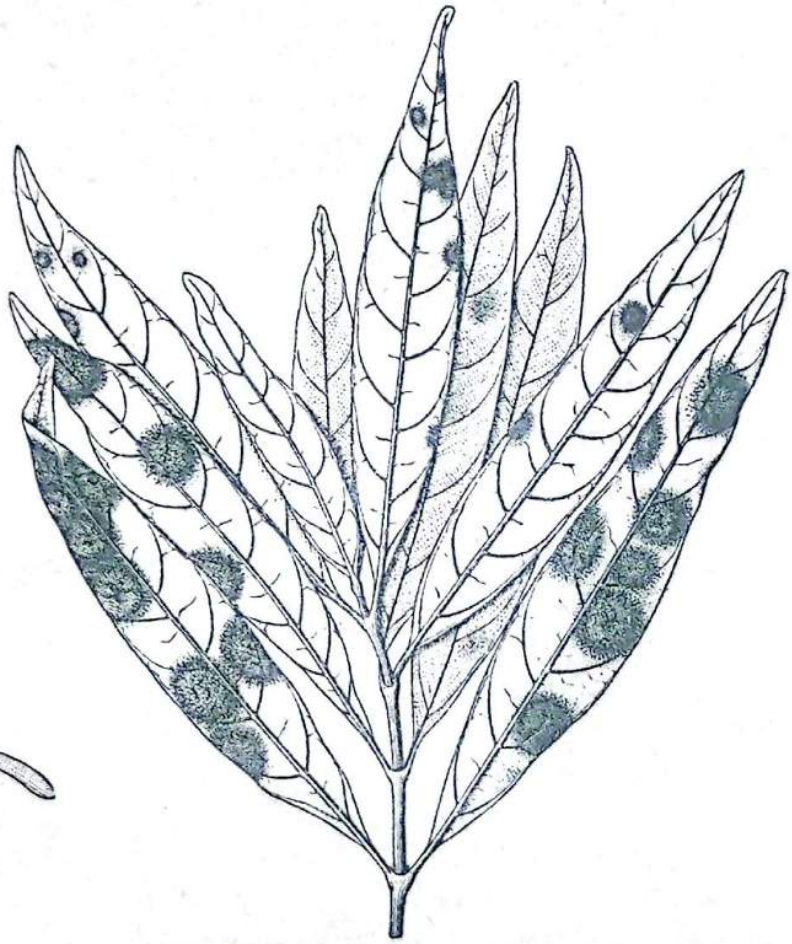
1. Djamur api. Djamur api hidup sebagai parasit pada tumbuh-tumbuhan sempurna, terutama pada rumput² (Graminae). Myceliumnja terdiri dari sebuah anjaman benang² lapuk jang memasuki dan merusak tumbuhan inang. Anjaman benang ini terutama merusak bakalbuah. Tiap² sel mycelium lambat laun mendjadi bulat, kemudian berkulit tebal dan achirnja terlepas sendiri². Dengan demikian terdjadilah *spora api*, warnanja biasanja merah tua atau hitam. Spora jang telah masak berupa tepung, tepung ini tertiup angin kemana mana. Apabila spora tumbuh pada tempat jang baik untuk hidupnja, terdjadilah sebuah basidium. Dengan beberapa dinding melintang basidium ini terbagi dalam beberapa

buah sel; didalam sel² ini terdjadi basidiospora. Basidiospora ini dapat menjakiti tanaman baru.

Gambar 27 menundjukkan sebuah djamur api, jang menimbulkan penjakit pada tanaman tebu. Pada udjung batang tebu terdjadi tubuh² berbentuk tjambuk, jang penuh dihinggapi spora api jang berwarna hitam.



Gambar 27. Djamur api (Ustilago scitaminea) pada batang tebu. Udjung batang berubah bentuknja karena tjendawan; *b* spora api; *c* spora api tumbuh mendjadi basidium; *d* basidiospora.



Gambar 28. Djamur karat (Puccinia Thwaitesii) diatas daun Justicia Gendarussa.

2. **Djamur karat.** Golongan inipun hidupnja parasitik dan menimbulkan penjakit pada beberapa matjam tumbuh-tumbuhan, myceliumnja hidup didalam tumbuhan inang. Diatas daun tumbuhan jang dihinggapinja terdapat kelompok² spora berwarna merah tua seperti karat, (Gambar 28).

3. **Djamur kuping.** Djamur ini hidupnja saprophytik pada bagian tumbuhan jang telah mati. Jang terkenal ialah:

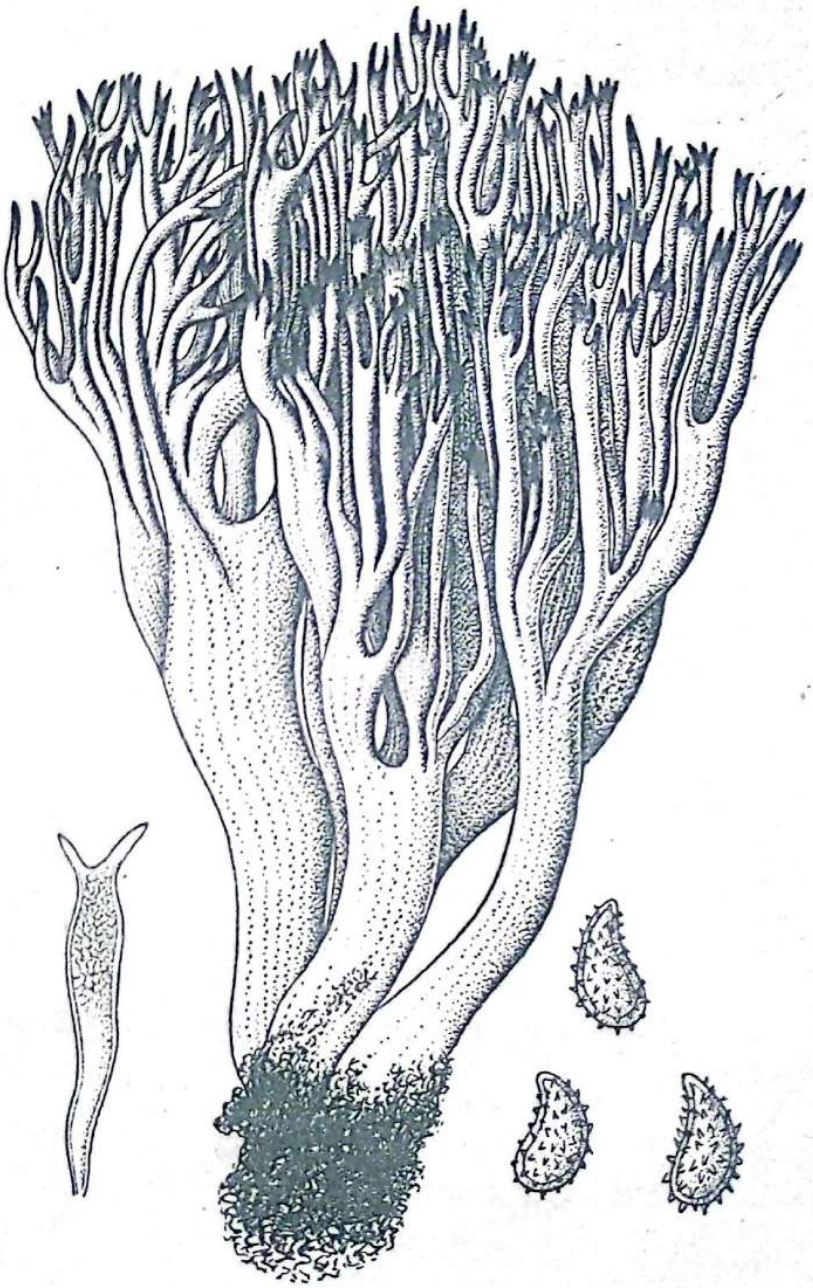
Auricularia polytricha, djamur kuping (Gambar 29). Tubuhbuahnja berwarna merah tua dan kerapkali dimakan orang. Bangunnja seperti kuping; tubuhbuahnja berkerut, karena itu menjediakan tempat banjak untuk basidium. Hal ini amat penting bagi penjelenggaraannja.

Gambar 29. Auricularia polytricha; kanan sebuah basidium dengan spora.

4. **Djamur karang.** Tubuhbuah djamurkarang ada jang pandjang, bulatpandjang, bertjabang, dan ada djuga jang tidak bertjabang. Jang bertjabang hampir serupa dengan karang, warnanja putih, kuning, merah, djingga, tjoklat dll. Jang terkenal ialah:

Clavaria Zippelii, dalam bahasa Sunda *supa majang* (Gambar 30), banjak terdapat diatas tanah dihutan-hutan pegunungan; hidupnja saprophytik. Tubuhbuahnja seperti batang, diatasnja bertjabang. Pandjangnja tubuhbuah 10 cm atau lebih, warnanja tjokelat, setelah masak warna putjuknja biru. Basidiumnja terdapat diatas tjabang[2].

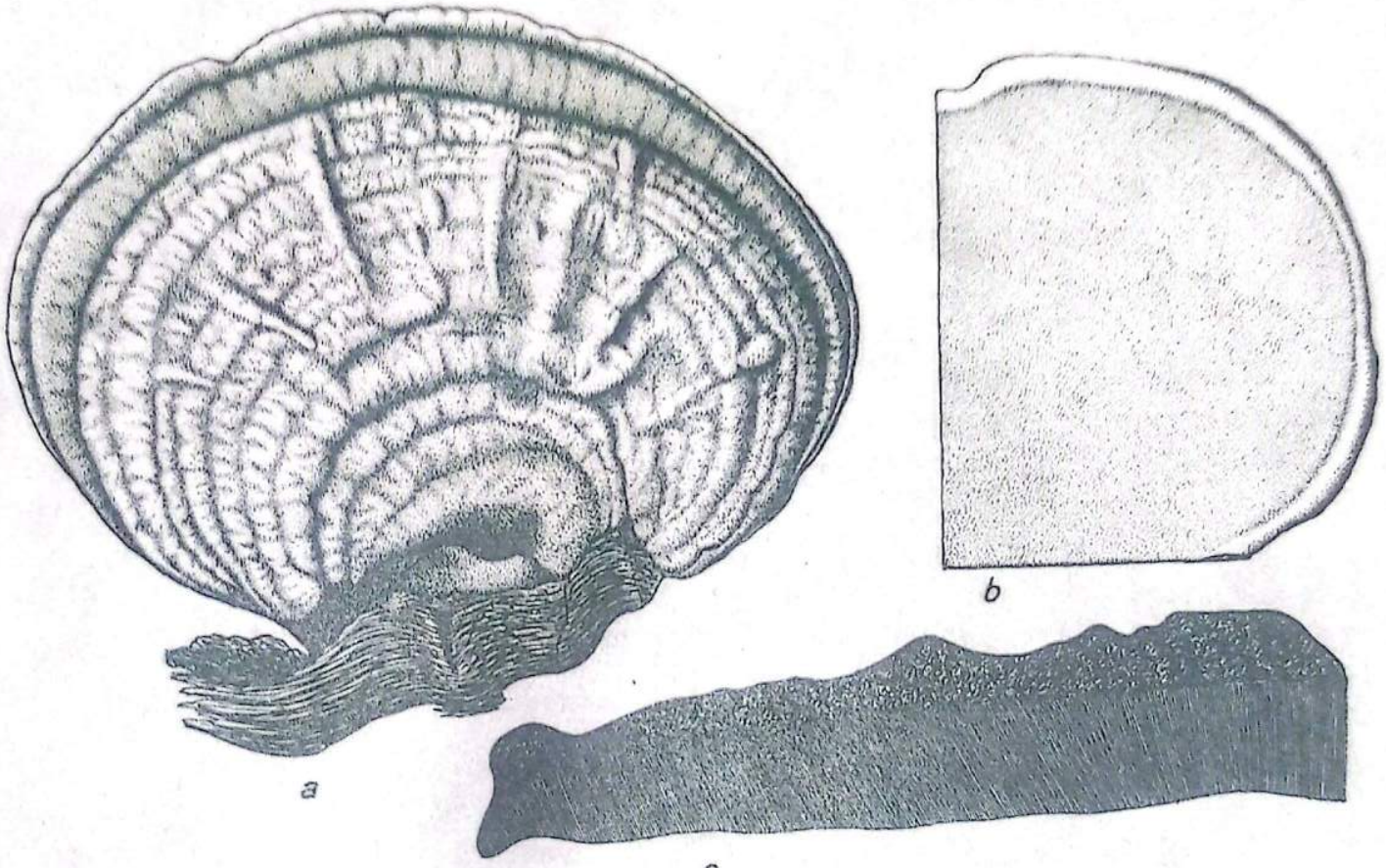
5. **Djamur lubang.** Dibagian bawah dari tubuhbuahnja terdapat pembuluh[2] jang letaknja berdekatan, dari luar pembuluh[2] ini kelihatan seperti lubang[2] ketjil (*pori*). Basidiumnja terdapat dibagian



Gambar 30. Clavaria Zippelii; kiri: sebuah basidium, kanan: spora.

dalam dari pembuluh[2], mukanja agak luas hingga dapat membuat spora banjak.

Berbeda dengan golongan lain, tubuhbuah djamur lubang dapat hidup beberapa tahun lamanja; diatas lapisan pembuluh lama terdjadilah selapis pembuluh jang baru.



Gambar 31. Ganoderma applanatum (diketjilkan). *a* tubuhbuah dilihat dari atas; *b* sebagian dari tubuhbuah dari bawah; *c* penampang melintang.

Kebanjakan djamur lubang hidupnja saprophytik pada pohon² jang telah mati. Ada pula jang hidup pada pohon² jang masih hidup, kebanjakan akarnja jang dihinggapi terlebih dahulu. Tjontoh² jang terkenal ialah: djamur akar putih dan djamur akar merah pada pohon karet, teh dll.

Djenis djamur lubang jang terkenal jakni:

Ganoderma applanatum. *Djamur kaju* (Gambar 31). Tubuhbuahnja berbentuk setengah lingkaran dan banjak terdapat diatas tunggul² dan batang² kaju mati. Bagian atas warnanja tjoklat kehitam-hitaman, bagian bawahnja mula² berwarna putih kemudian tjoklat; dibagian ini terdapat lubang² basidium.

6. **Djamur bilah.** Dalam golongan ini banjak jang dikenal. Tubuhbuahnja terdiri dari sebuah batang dan sebuah tudung bundar. Tudung ini dibawahnja terdiri dari djari² jang berupa bilah; pada bilah² ini terdapat basidia. Lembaran² jang banjak ini, seluruhnja mendjadi amat luas, hal mana sangat menguntungkan bagi pembiakan.

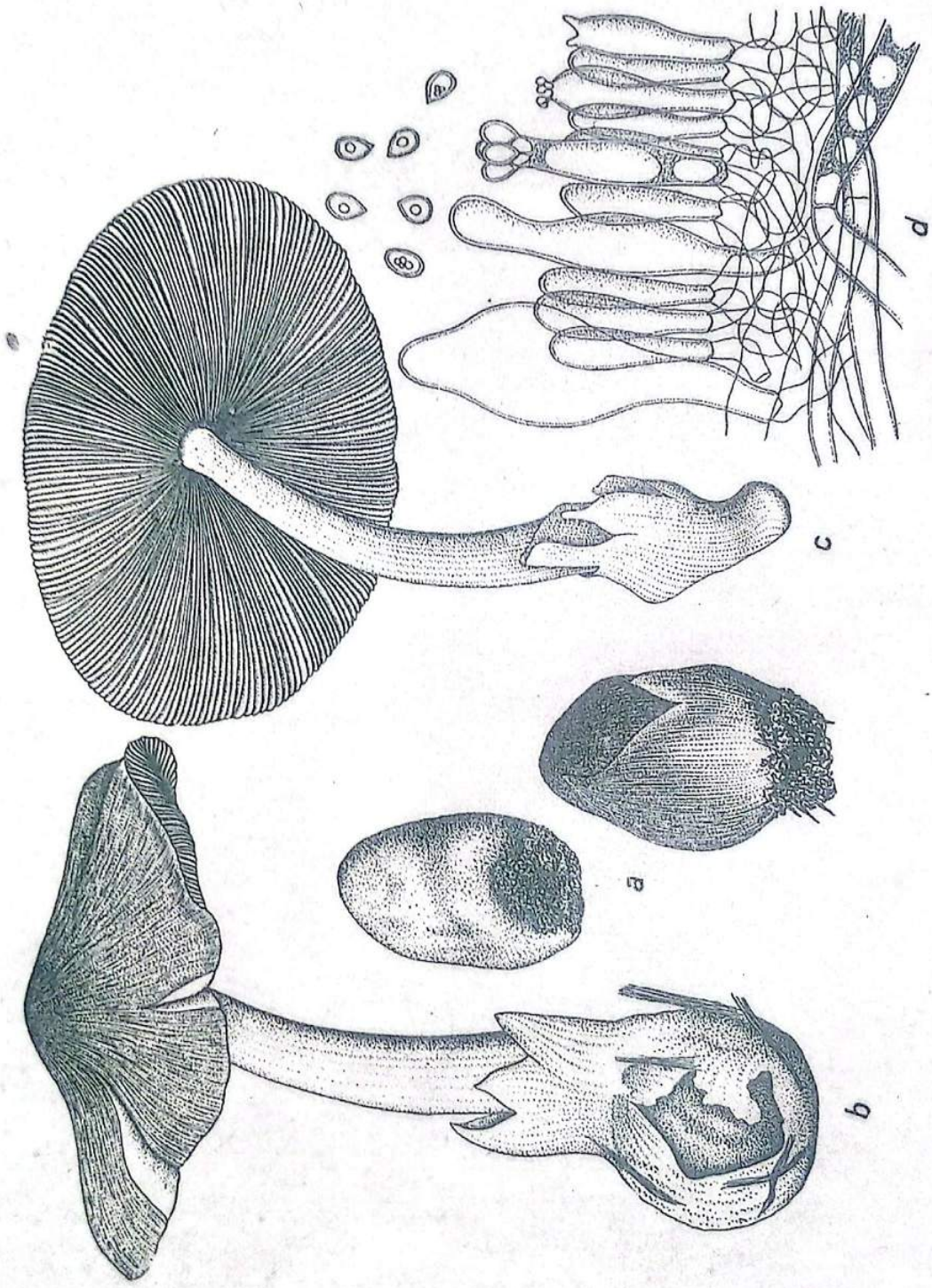
Tubuhbuah djamur bilah kebanjakan lunak seperti daging, ada pula jang keras seperti kulit. Ada jang dapat dimakan dan ada pula jang mengandung ratjun.

Djenisnja amat banjak, oleh sebab itu, untuk memudahkan, dibaginja menurut warna spora, misalnja djenis berspora putih, merah muda, tjoklat dan hitam. Biasanja warna spora ini kelihatan njata pada bilah² jang telah masak; bilah ini kelihatan sama warnanja dengan spora jang dikandungnja. Warna itu dapat ditetapkan djuga dengan djalan meletakkan sebuah tudung jang telah dikerat diatas kertas. Disini akan njata warnanja spora dan letaknja lembaran².

Banjak djamur bilah diwaktu muda diliputi dengan sebuah selubung jang disebut *velum universale* (selubung umum). Selubung ini sobek bila djamur telah mendjadi besar dan achirnja merupakan sebuah *kantung*; letaknja pada dasar batang djamur (Gambar 32). Kadang² masih ketinggalan sisa² selubung itu diatas tudung. Ada pula selubung lain, jaitu selubung bahagian atau *velum partiale*, jang meliputi bilah² dibawah tudung. Selubung inipun lambat laun petjah, hingga tinggallah sebuah *gelang* pada batang djamur. Ada djenis djamur bilah jang mempunjai kedua selubung tersebut, ada djuga jang berselubung satu. Banjak djamur bilah tidak berselubung sama sekali. Beberapa djamurbilah bersinar, biasanja bilahnjalah jang memantjarkan sinar itu.

Djamur bilah kebanjakan hidupnja saprophytik, ada djuga jang parasitik. Tumbuhnja terutama diatas tanah, ada djuga jang hidup diatas kaju, tjabang dll.

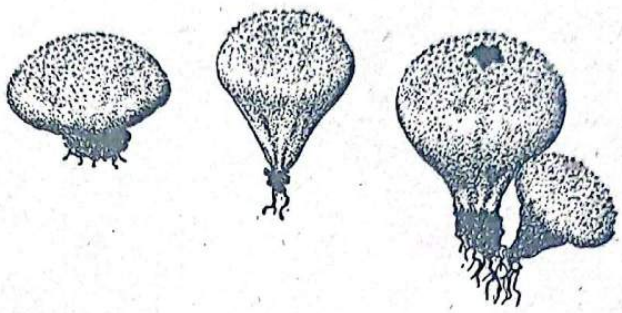
Volvaria volvacea. *Djamur padi* atau *djamur merang* (Gambar 32). Djamur ini di Indonesia banjak dimakan. Seluruh tubuhbuah diwaktu muda diliputi dengan sebuah velum universale, selubung



Gambar 32. Volvaria volvacea (diketjilkan). *a* masih muda; *b* dan *c* tubuhbuah jang telah tua; *d* sebagian dari muka, bilah dengan basidium dan spora (dibesarkan).

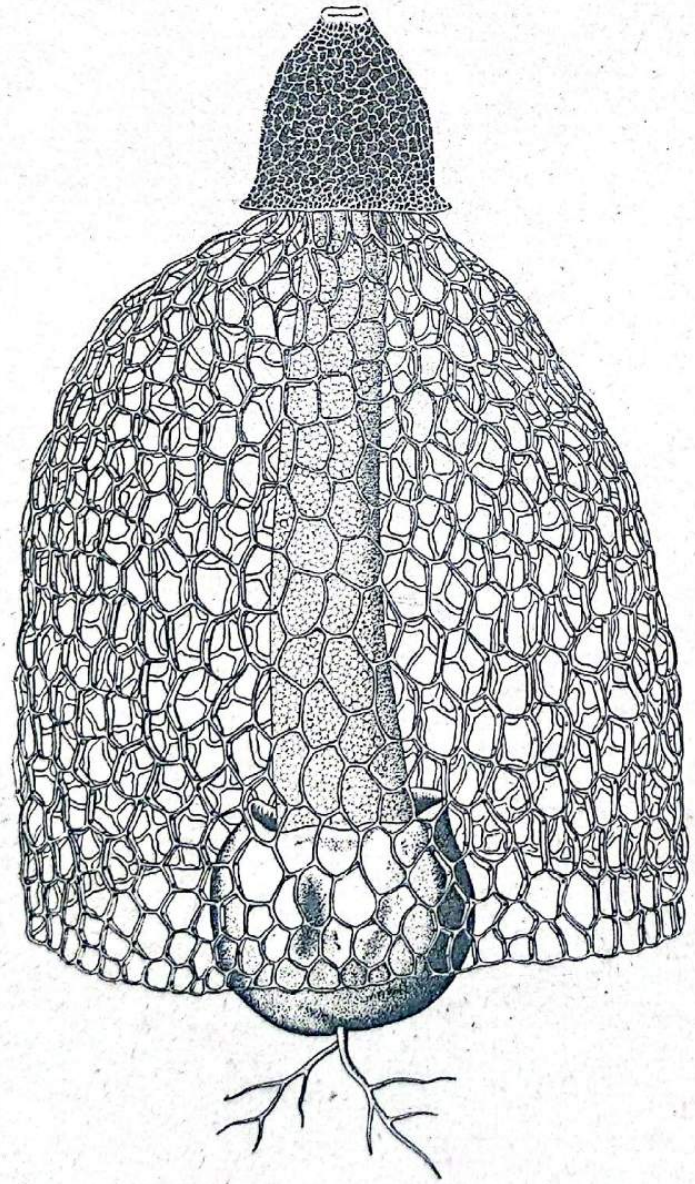
ini tinggal seperti kantung didasar batang, bila djamur itu telah masak. Tudungnja berwarna kelabu kemerah-merahan tua, serabutnja tersusun sebagai djari[2]. Serabut ini warnanja lebih tua dari tudungnja. Bilah-[2]nja tidak sampai kebatang, karena itu diputjuk

batang terdapat ruangan bundar jang tak berbilah. Mula² warna lembarannja putih, lama² berwarna ros hingga tjoklat karena warna sporanja. Batangnja putih dan berisi, kantungnja berwarna putih atau kemerah-merahan. Dagingnja putih dan agak keras. Djamur padi hidupnja pada bagian tumbuhan jang telah busuk, lazimnja ditanam orang diatas djerami.



Gambar 33. Lycoperdon pratense.

Oudemansiella Canarii, *djamur gadji*, biasanja terdapat pada kaju, batang atau tjabang. Tudungnja besar, hingga 10 cm atau lebih, diliputi lendir tebal. Warnanja merah muda, kebanjakan putih, ditengahnja kebanjakan kemerah-merahan tua. Bilahnja berwarna putih sampai kebatang. Terdapat djuga sebuah velum universale, tetapi kurang sempurna, dan tidak begitu njata, achirnja sebagian besar hilang.



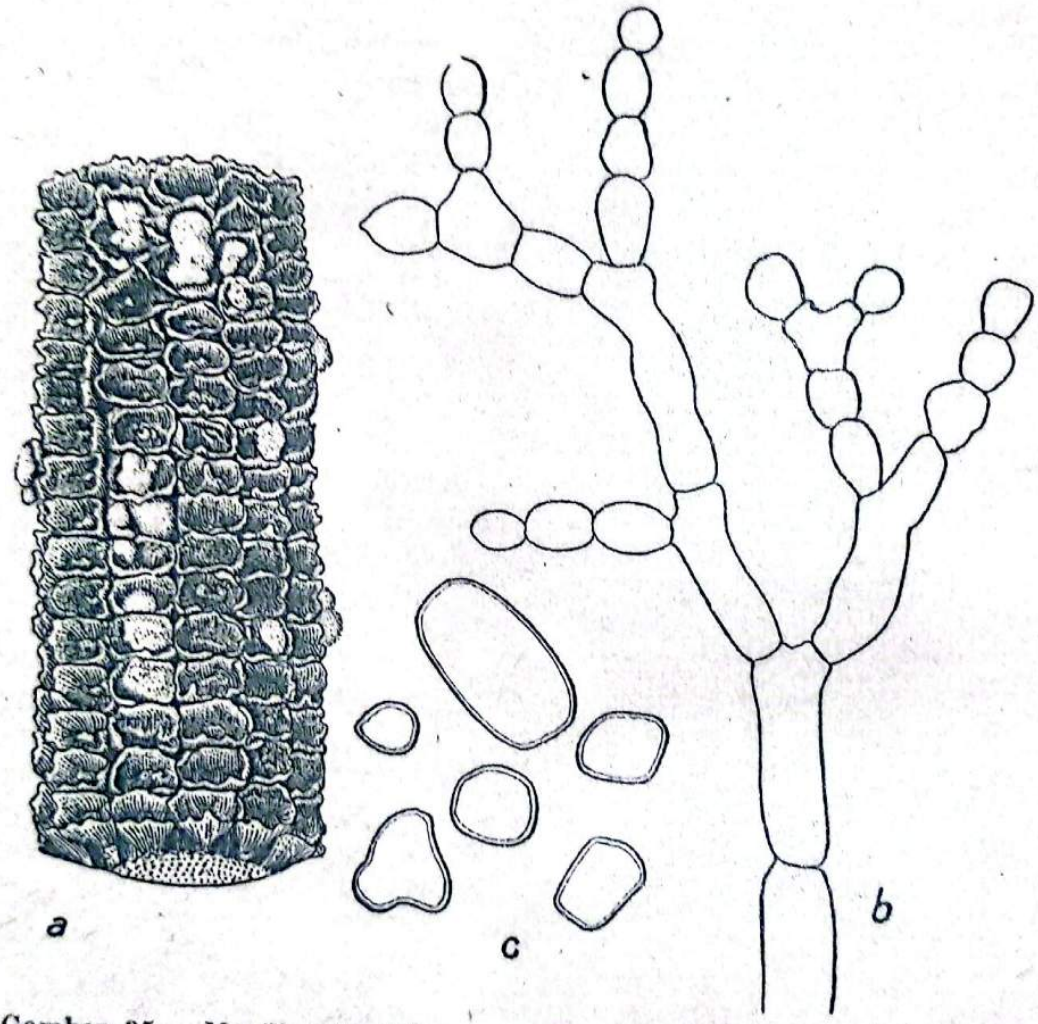
Gambar 34. Dictyophora indusiata.

Basidium dan sporanja bila dibandingkan dengan djamur jang lain amat besar. Bentuknja spora bulatpeluru. Djamur ini banjak djuga dimakan orang.

7. Djamur perut. Tubuhbuah golongan ini agak bulat, tertutup seluruhnja; didalamnja dibagi atas ruang² ketjil.

Basidiumnja terletak diatas dinding ruang[a] ini. Apabila sporanja telah masak, tubuhbuah didalamnja berair dan berisi spora[a] jang terlepas. Dinding luar dari tubuhbuah petjah hingga sporanja keluar. Djamur perut jang terkenal ialah:

Lycoperdon pratense, *Djamur kelentos* (Gambar 33). Djenis ini kerapkali tumbuh diantara rumput[a]. Tubuhbuahnja ketjil, warnanja



Gambar 35. Monilia sitophila, *a* diatas tongkol djagung (tak berbidji); *b* pembawa conidia; *c* conidia.

mula[a] putih dan berbintik-bintik ketjil, kemudian mendjadi kelabu serta litjin. Jang terbuka ialah udjungnja.

Dictyophora indusiata (Gambar 34). Djamur ini dimasa muda berbentuk telur, kemudian dinding luarnja petjah, dan kelihatanlah sebuah batang bertudung ketjil. Dibawah tudung itu, timbullah sebuah *kerudung*. Dari atas tudung itu berlendir jang warnanja hidjau kehitam-hitaman, didalamnja terdapat spora[a]. Lendir itu menerbitkan bau jang tidak sedap kadang[a] jang sangat busuk. Bau ini menarik beberapa matjam serangga hingga hinggap

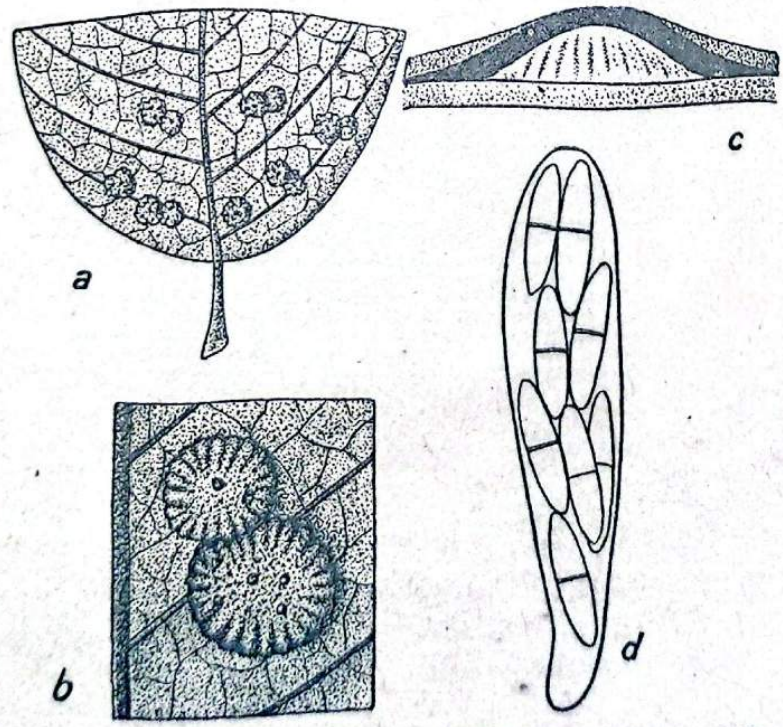
diatas djamur dan karena ini membantu menjelenggarakan spora². Apabila lendirnja telah lenjap, kelihatanlah diatas tudung sebuah anjaman.

Djamur jang tidak sempurna. Jang termasuk dalam golongan ini ialah djamur² jang tidak atau djarang membuat ascus atau basidium. Tjara membiaknja dengan conidia. Jang terpenting ialah: **Monilia sitophila,** *Djamur ontjom merah* (Gambar 35). Djamur ini di Djawa-Barat banjak dipakai untuk membuat ontjom merah; djamur itu dipindahkan kepada bungkil katjang tanah. Karena perbuatan djamur, bungkil itu mudah ditjernakan.

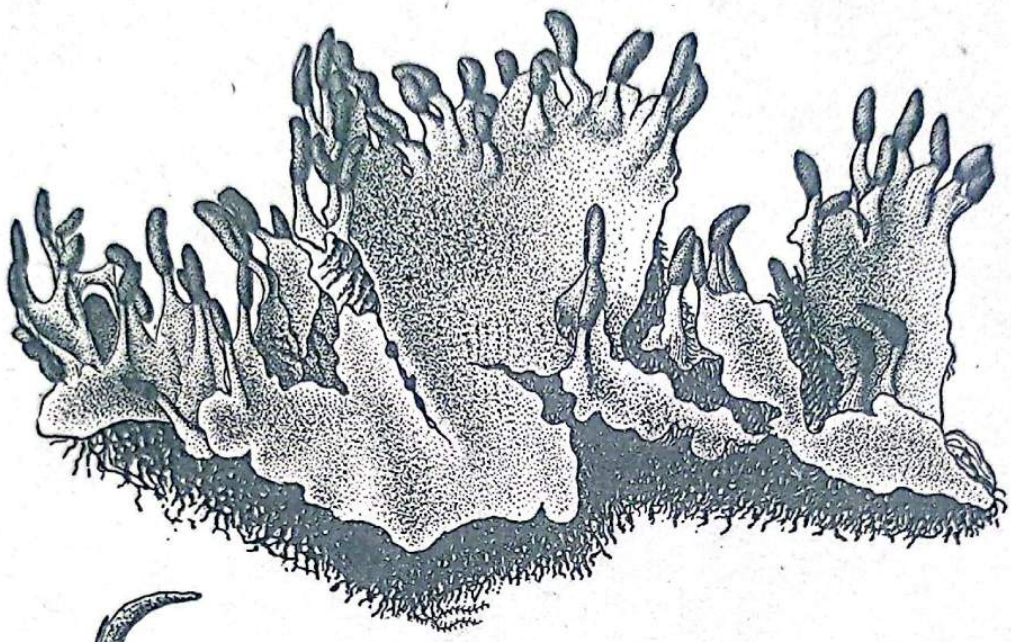
LUMUT KERAK (Lichenes).

Lumut kerak dibangun dari dua matjam tumbuhan, jakni *ganggang* dan *djamur*. Persatuan dari kedua tumbuhan amat erat, sehingga kelihatan sematjam. Ganggangnja adalah ganggang biru atau ganggang hidjau, djamurnja kebanjakan djenis Ascomycete, kadang² djuga Basidiomycete.

Djamurnja terdiri dari benang²; diantara benang² itu terdapat ganggang berseltunggal atau berbentuk benang. Pada kebanjakan lumut kerak, ganggang tadi merupakan lapisan tersendiri, diliputi tenunan hyphe jang terlepas. Lapisan ini diatas dan dibawahnja ditutup dengan selapis kulit, terdiri dari benang² djamur.

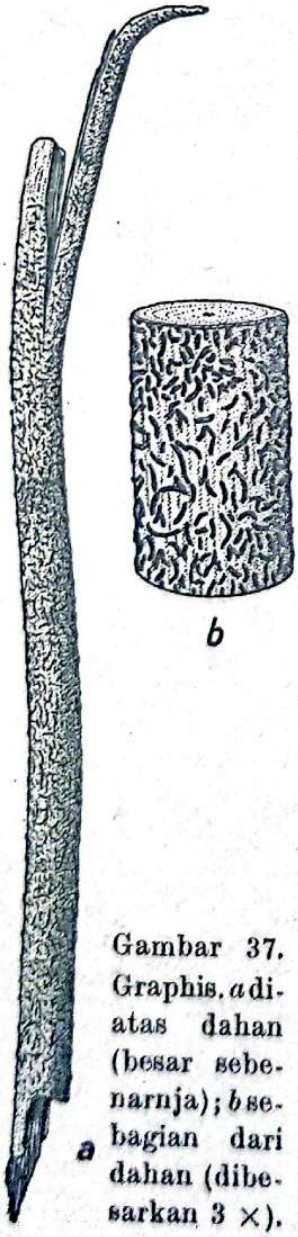


Gambar 36. Strigula. *a* Lumut kerak diatas daun; *b* Dua buah lumut kerak dibesarkan; *c* Penampang tubuh buah; *d* Ascus.

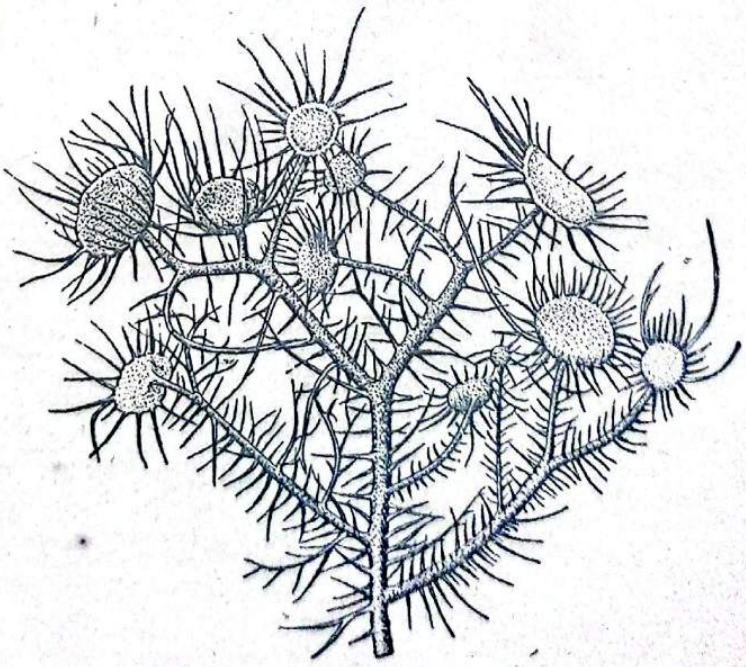


Gambar 38. Peltigera polydactyla.

Lumut kerak hidupnja epiphytik dan terdapat pada batang[2], tjabang[2], daun[2], diatas tanah, batu dll. Sjarat hidupnja tidak banjak dan dapat menahan kering. Diatas karang[2] lumut kerak dapat hidup, bahkan membantu menghantjurkan batu itu. Karena perbuatan ini, lumut kerak djuga dipandang sebagai pembina tumbuh-tumbuhan, seperti djuga ganggang biru.



Gambar 37. Graphis. *a* diatas dahan (besar sebenarnja); *b* sebagian dari dahan (dibesarkan 3 ×).



Gambar 39. Usnea dasypoga.

Tjaranja membiak dengan spora, jang dikeluarkan oleh djamurnja. Spora ini dapat mendjadi lumut kerak baru, apabila bertemu dengan ganggang jang dibutuhkannja.

Tjara membiak lain, ialah dengan terlepasnja kelompok² ganggang, jang terlibat dengan benang² hyphe (*soredia*). Kelompok² ini disiarkan dengan angin.

Symbiose. Hidup bersama dari dua matjam organisme dinamai *symbiose*, djasadnja masing² disebut symbiont.

1. Apabila kedua symbiont mendapat keuntungan dari hidup bersama ini, maka symbiose ini disebut *mutualisme*.

2. Salah suatu djasad mendapat keuntungan sementara dari jang lain, misalnja menerima makanan dari temannja. Tetapi lama kelamaan djasad jang memberi makan merampas makanan jang diberikannja sehingga korbannja terdesak sama sekali. Hal demikian dinamai *helotisme* (helot = budak dizaman Junani murba).

Perhubungan antara ganggang dan djamur dalam lumut kerak dapat dipandang baik sebagai mutualisme maupun sebagai helotisme. Dalam hal pertama: ganggang itu berhidjau daun dan dapat membuat zat organik dari zat² anorganik. Zat organik sebagian dipergunakan oleh djamur. Sebaliknja djamur itu memberi air dan zat anorganik kepada ganggang. Ini boleh disebut mutualisme. Kerap terdjadi pula djamur itu meresap dalam sel² ganggang untuk mengisap isinja (helotisme). Lumut kerak jang terkenal ialah: **Strigula** (Gambar 36), banjak terdapat diatas daun², terutama diatas daun jang keras. Warna puti sampai hidjau abu.

Graphis (Gambar 37) kebanjakan terdapat diatas kulit pohon-pohon.

Peltigera (Gambar 38).

Usnea atau *Lumut djanggut* (Gambar 39). Berbentuk semak dan melekat kepada sebuah benda dengan keping pelekat. Terdapat diputjuk pohon-pohonan dalam hutan² dipegunungan.

II. LUMUT

Tumbuhan ketjil, pandjangnja ada jang hanja beberapa cm, jang terbesar sampai 0,5 meter. Tumbuhan ini mempunjai sebuah thallus, tetapi kebanjakan berbatang dan berdaun. Akar sedjati tidak ada, sebagai penggantinja terdapat benang² pada dasar tumbuhan; benang ini dinamai *rhizoid*; tebalnja satu sel. Gunanja seperti akar sedjati pula, untuk mengisap air dan zat² garam. Lumut itu berhidjau daun, karena itu dapat hidup dari zat anorganik sadja.

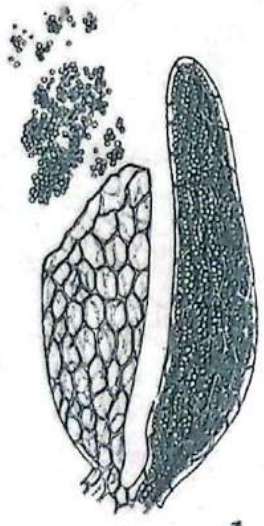
Lumut terdapat diseluruh dunia, diatas tanah, pohon, batu dll.; serta terbagi atas *lumutdaun* dan *lumuthati*.

LUMUT DAUN (Musci).

Lumutdaun berbatang dan berdaun; letak daun-daunnja atas sebuah spiral halus, dasarnja lebar, udjungnja runtjing.

Pada penampang batang kelihatan selapis kulit dibahagian luar terdiri dari sel² berdinding tebal, gunanja untuk menguatkan batang. Dibawah lapisan kulit ini, terdapat sebuah tenunan berdinding tipis; lebih dalam lagi terdapat sel² pandjang, guna mengangkut air dan bahan² makanan.

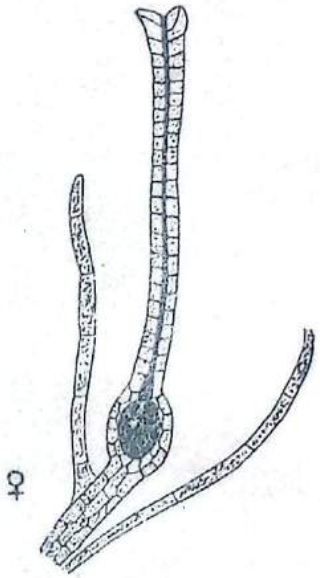
Pembiakan kawin. Diudjung batang atau tjabang, timbul *alat perkawinan*. Alat perkawinan djantan atau *antheridium* (Gambar 40) berbentuk pundi², dan mengandung banjak spermatozoid. Spermatozoid ini berbulu tjambuk dan dapat berenang.



♂

Gambar 40. Dua buah antheridium, jang terbuka dan masih tertutup.

Alat perkawinan betina atau *archegonium* (Gambar 41) berbentuk botol dan terdiri dari *perut* dan *leher*. Didalam perutnja terdapat sebuah seltelur. Lehernja mula² tertutup, tetapi kemudian terbuka.



♀

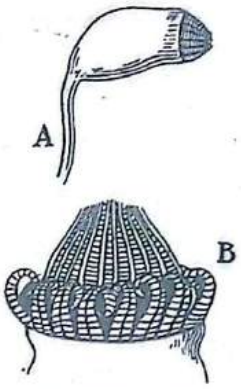
Gambar 41. Archegonium dengan leher terbuka.

Antheridium dan archegonium, terdapat pada satu tjabang, adapula tjabang jang hanja mempunjai antheridium atau sebaliknja ada tjabang jang mempunjai archegonium. Alat² perkawinan itu ditutup dengan daun² jang warnanja berlainan dengan daun biasa (merah atau kuning). Daun² ini dengan mudah dapat menahan setitik air, jang sangat penting bagi perkawinan. Spermatozoid membutuhkan air, agar dapat bertemu dengan archegonium. Kadang² ada djuga serangga² jang menjebarkannja.

Setelah archegonium itu masak, maka keluarlah dari lehernja gula tebu atau benda lain. Karena itu spermatozoid tertarik dan dengan djalan ini bertemu dengan seltelur hingga terdjadilah perkawinan.

Terdjadinja spora. Setelah berkawin, seltelur melekat pada tumbuhan lumut jang sebenarnja membelah mendjadi *sporogonium*. Sporogonium (tudung spora) ini terdiri dari sebuah tangkai jang diatasnja

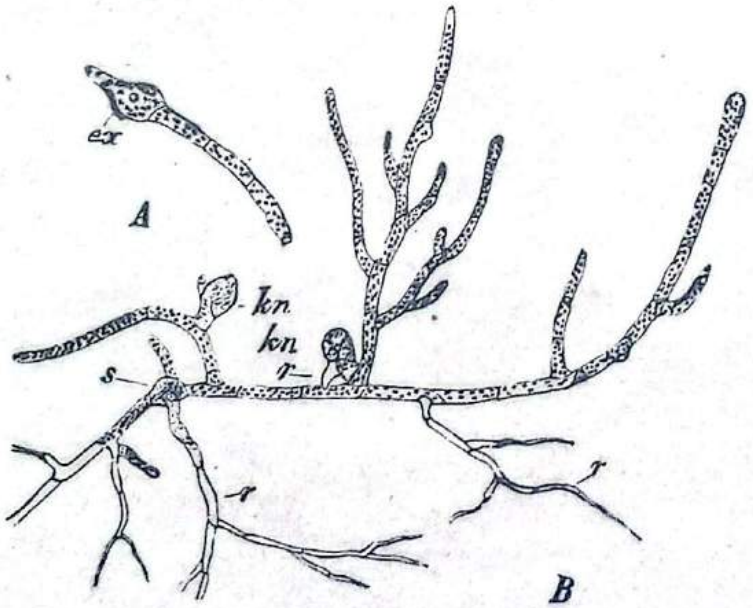
mempunjai sebuah kotak bulat pandjang (Gambar 44). Mula² dinding archegonium tetap membungkus sporogonium itu. Karena sporogonium tumbuhnja keras, lama² petjahlah dinding itu dari bawah, dan achirnja merupakan sebuah tudung. Tudung ini dinamai *calyptra*. Setelah sporanja masak, calyptra gugurlah. Putjuk kotak spora terlepas dan djatuh pula. Dalam lubang jang terdjadi karena itu, timbullah gigi² pandjang jang dinamai *gigi peristom* (Gambar 42). Gigi² ini dapat mengadakan gerak menarik air; apabila mendjadi kering, membungkuk, hingga kotak spora terbukalah. Spora itu disiarkan oleh angin.



Gambar 42. *A* Sporogonium sebuah lumut daun; calyptra dengan tutupnja telah terlepas serta gigi peristom kelihatan. *B* peristom, terdiri dari dua buah karangan gigi.

Dalam suasana lembab, gigi² itu memenuhi lubang, dengan demikian menghalangi keluarnja spora. Faedahnja jaitu: spora hanja dapat keluar diwaktu udara kering; diwaktu ini angin dapat menjebarkannja djauh sekali. Bila dilepaskannja diwaktu hudjan, nistjaja akan terbawa air hudjan dan akan djatuh dekat tumbuhan lama; hal ini merintangi pembiakan selandjutnja.

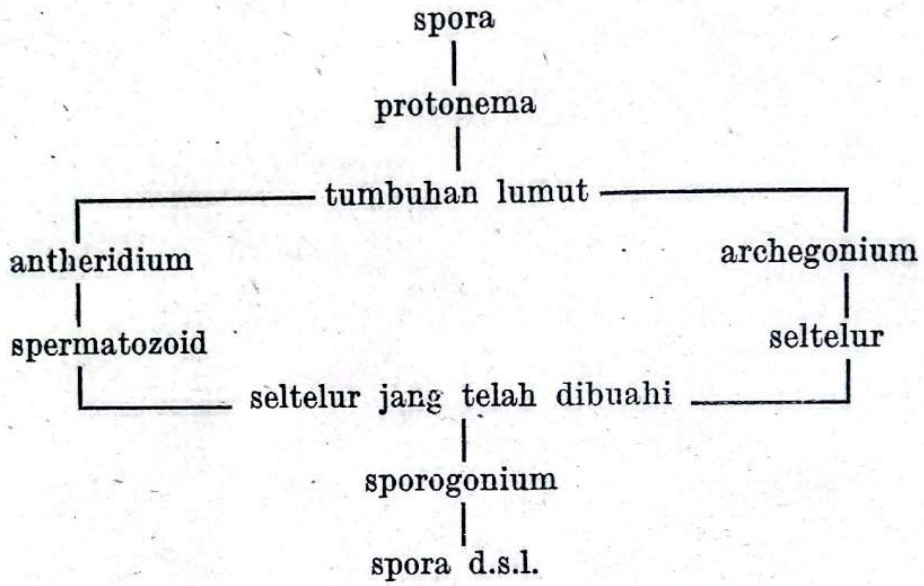
Tumbuhnja spora. Apabila spora tiba pada sebuah tempat jang baik guna tumbuhnja, terdjadilah benang² jang bertjabang banjak, *protonema* namanja (Gambar 43). Protonema berhidjau daun hingga menjerupai ganggang. Letaknja rata diatas tanah, diletakkannja dengan rhizoid jang menembus kedalam tanah.



Gambar 43. *A* Spora lumut sedang tumbuh; *ex* = dinding luar jang telah petjah. *B* Protonema dengan kuntjup² *kn* dan rhizoid *r*; *s* = spora jang telah tumbuh mendjadi protonema.

Pada protonema timbul kuntjup[2] jang kelak mendjadi lumut biasa. Dari sebuah protonema kerapkali terdjadi lumut banjak, hingga mendjadi gumpalan jang dinamakan *gumpalan lumut*. Protonema kerapkali hidup lama dan berulang-ulang membuat lumut baru.

Tjara berkembang biak dapat digambarkan sebagai berikut:



Pergiliran turunan. Dari peladjaran[2] diatas dapat disimpulkan bahwa pada lumut itu ada dua matjam *turunan*, jakni: *tumbuhan lumut jang sedjati* dan *sporogonium*.

Jang pertama menghasilkan sel[2] kelamin, djadi turunan generatif. Jang kedua menghasilkan spora dengan takkawin, djadi turunan *tak generatif*. Kedua turunan senantiasa bergilir.

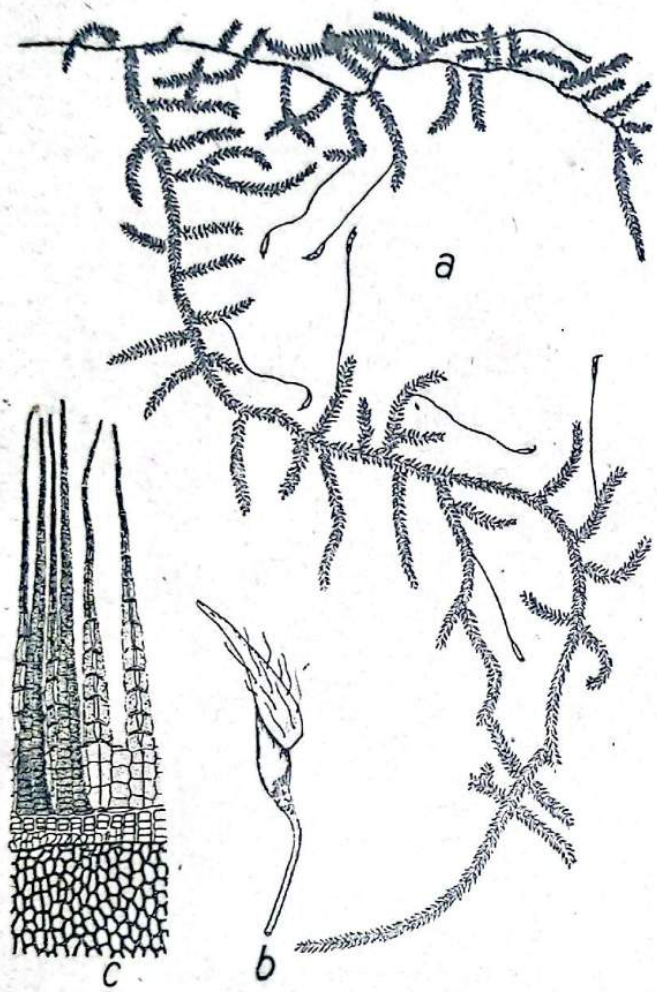
Turunan kawin disebut djuga *gametophyt* (gamete = selkelamin), jang takkawin dinamai djuga *sporophyt*.

Beberapa tjontoh:

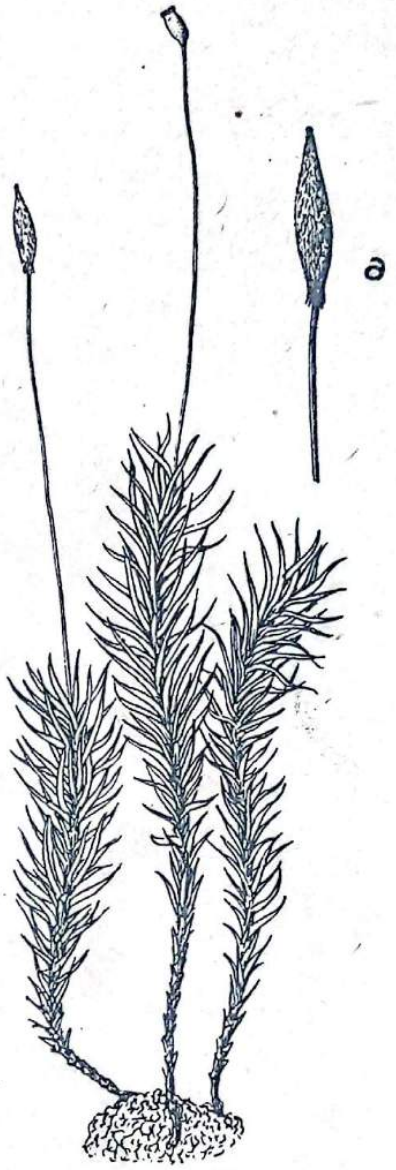
Pogonatum cirrhatum (Gambar 44). Batangnja kebanjakan bertjabang, daunnja besar dibagian atas. Tudung spora terdapat pada putjuk tumbuhan, tertutup dengan calyptra berbulu lembik.

Aërobryopsis longissima (Gambar 45), terdapat berangkai pada kulit atau daun pohon. Tudung sporanja terletak pada tjabang[2]nja, bertangkai pendek dan bercalyptra berbulu. Peristomnja terdiri dari dua baris gigi. Banjak terdapat dihutan-hutan pegunungan, pandjangnja sampai 50 cm.

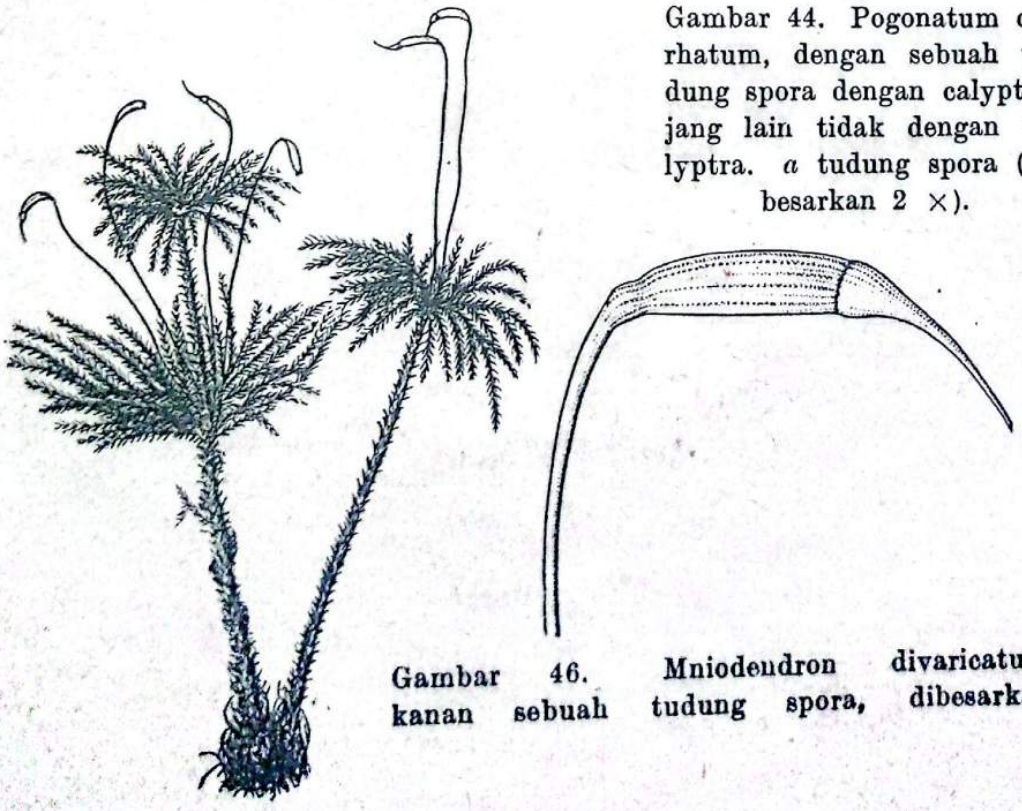
Mniodendron divaricatum (Gambar 46). Lumut besar, tumbuh diatas tanah atau pada batang pohon rubuh. Berbatang besar mendjalar, dari batang besar timbul beberapa batang ketjil, tingginja sampai 10 cm. Diudjungnja timbul beberapa tjabang. Kadang[2] batang ketjil ini tumbuh terus dan membuat tjabang[2] kedua. Tudung spora letaknja diatas tjabang, bertangkai pandjang serta udjungnja melengkung dan berparuh.



Gambar 45. Aërobryopsis longissima. *a* tumbuhan (diketjilkan); *b* tudung spora; *c* gigi peristom.



Gambar 44. Pogonatum cirrhatum, dengan sebuah tudung spora dengan calyptra, jang lain tidak dengan calyptra. *a* tudung spora (dibesarkan 2 ×).



Gambar 46. Mniodendron divaricatum; kanan sebuah tudung spora, dibesarkan.

LUMUT-HATI (Hepaticae).

Lumut hati bertangkai dan berdaun lembut, atau seperti thallus. Sebagai halnja pada lumut daun, pada lumut hatipun terdapat pergiliran turunan.

Tjontoh[2]:

Frullania. Terdapat dihutan-hutan, terutama dipegunungan; melekat pada batang pohon, pada daun[2], pada batu dsb. Rupanja hampir sama dengan lumut daun. Batangnja berdaun lebat dan melekat pada tempat hidupnja (substratnja). Letaknja sporogonium diudjung tjabang, mula[2] bertangkai pendek serta diliputi oleh archegonium. Setelah sporanja masak, maka petjahlah dinding archegonium; tangkai sporogonium membentang hingga keluarlah sporogoniumnja. Tinggallah archegonium sebagai selubung pada dasar sporogonium. Dalam kotak spora, lain daripada spora, terdapat pula sel[2] berbentuk benang, jang dinamai *elateren*. Sel[2] ini dindingnja berbingkai tebal jang bentuknja seperti sekerup. Elateren dapat bergerak menarik air, karena itu membantu menjelenggarakan spora[2]. Kotak spora merekah karena dindingnja petjah mendjadi empat.

Reboulia hemisphaerica. (Gambar 47). Tak bertangkai dan tak berdaun, tetapi terdiri dari sebuah thallus. Letaknja rata diatas tanah, melekat dengan rhizoid. Pinggirnja tersajat dalam. Beberapa tumbuhan kerapkali membuat kerak jang besar dan berwarna hidjau. Antheridiumnja terletak diatas bagian[2] jang berbentuk keping diatas thallus. Archegoniumnja berdiri diatas tangkai jang berbentuk pajung, karena lebar diatas. Dibagian bawah dari tangkai jang lebar ini terdapat archegonium dan kemudian sporogonium. Udjungnja bergantung. Diantara spora[2] terdapat elateren.

Gambar 47. Reboulia hemisphaerica. *a* tumbuhan dengan pembawa archegonium. Pada * antheridium. *b* pembawa archegonium dari atas; *c* idem dilihat dari bawah.

III. PAKU[2]

Sebaliknja dari bahagian[2] tumbuhan jang telah dibitjarakan, paku[2] atau Pteridophyta berakar sedjati serta berbatang dan berdaun. Tambahan pula tumbuhan ini bersaluran pandjang, jang dinamai *pembuluh*, pengangkut berbagai-bagai bahan. Beberapa pembuluh berkumpul mendjadi ikatan pembuluh. *Ikatan pembuluh* ini terdapat diseluruh tumbuhan dari bawah keatas. Didalam daun

ikatan ini merupakan sebuah djala² dari tulang daun. Bangunnja paku² hampir sama dengan bangun tumbuhnn bunga. Hidupnja hampir sematjam dengan hidupnja lumut, serta bergilir-gilir turunan.

Turunan generatif dari Pteridophyta adalah tumbuhan thallus ketjil jang dinamai *prothallium* (Gambar 48), beralat kelamin; jakni antheridium dan archegonium, jang hampir serupa dengan alat² jang terdapat pada lumut.

Turunan takkawin, jang terdjadi dari seltelur jang telah berkelamin, adalah tumbuhan paku jang sedjati. Tumbuhan ini membuat spora.

Pteridophyta dapat dibagi dalam 4 bahagian; jakni:

1. *Paku benar.*
2. *Paku air.*
3. *Ekor kuda.*
4. *Paku rambut.*

PAKU (Filicinae).

Gametophyt. Sporanja bulat atau berbentuk gindjal bersel tunggal. Dari spora tumbuh sebuah prothallium (Gambar 48) tipis seperti daun, kebanjakan bentuk hati. Prothalliumnja berhidjau daun karena itu dapat hidup dari bahan² anorganik. Dibagian bawah terdapat rhizoid, dan terdjadi djuga antheridium dan archegonium. Antheridium dan archegonium bangunnja seperti dari lumut. Letaknja antheridium dibagian prothallium jang meruntjing, diantara rhizoid. Bentuknja bulat dan berisi banjak spermatozoid. Letaknja archegonium lebih dekat dari sajatan prothallium, berbentuk botol, sebagiannja mendjorok kedalam djaringan prothallium. Dibagian jang bulat dari archegonium terdapat sebuah seltelur.

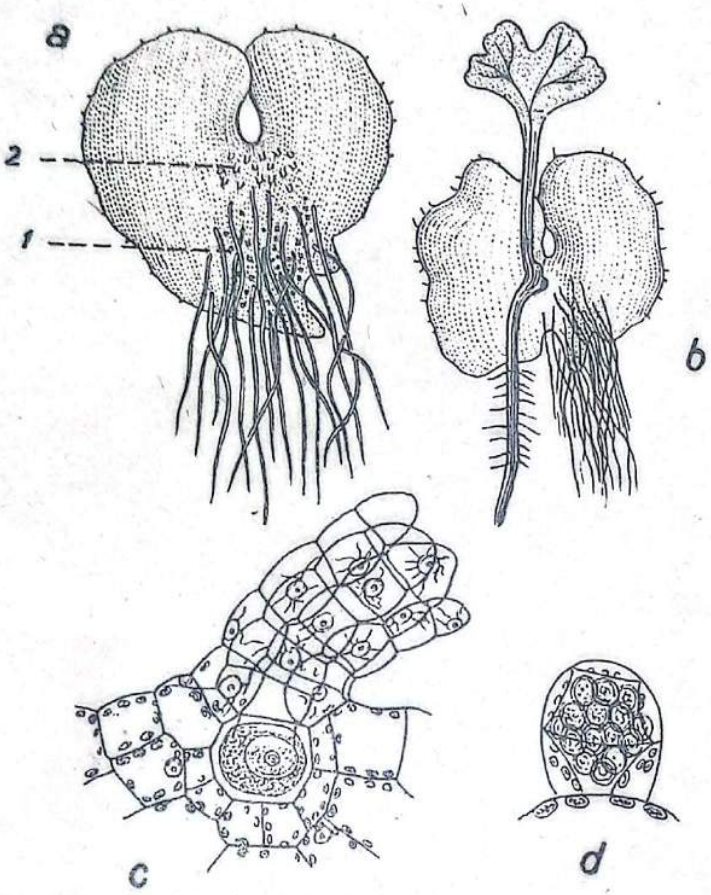
Dalam udara lembab, apabila ada air diantara prothallium bagian bawah dan tanah, spermatozoid dapat keluar dan berenang dengan bebas. Archegonium terbuka dan mengeluarkan asam apel atau garam² asam apel didalam air. Hal ini menarik spermatozoid kedalam archegonium, sehingga terdjadilah perkawinan.

Sporophyt. Dari seltelur jang telah dibuahi terdjadilah sebuah *tumbuhan paku*, jang mula² diberi makan oleh prothallium. Tetapi prothallium ini tjepat mati, hingga selandjutnja paku itu hidup sendiri.

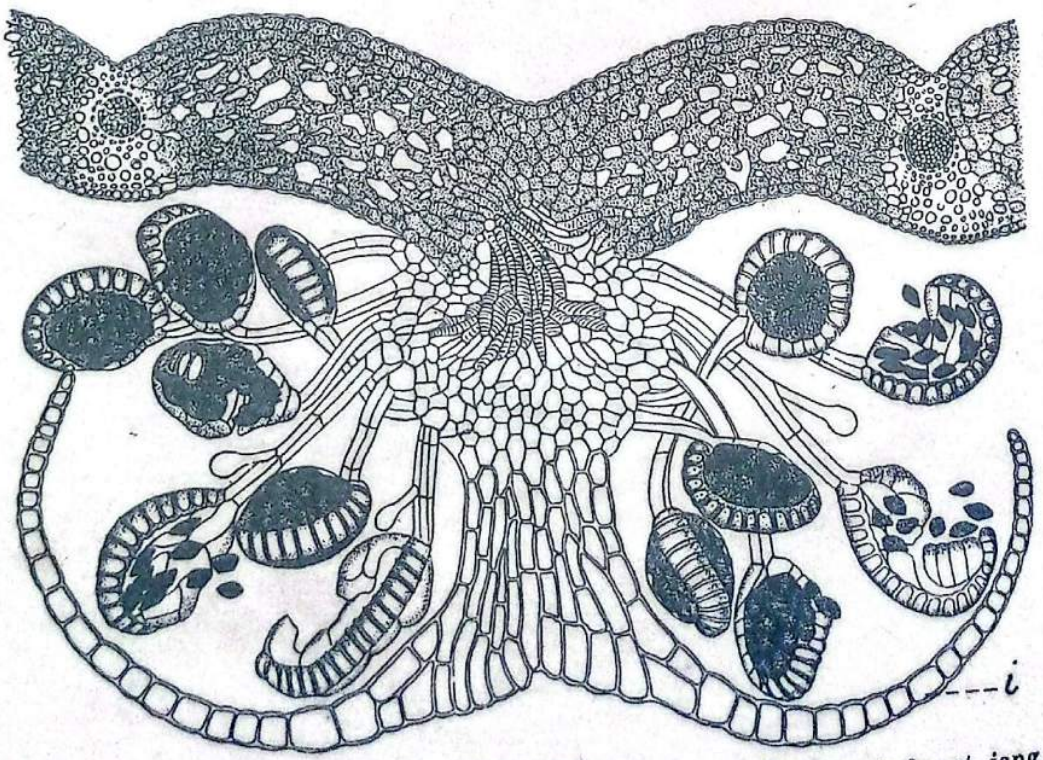
Batangnja biasanja merupakan sebuah rhizoma, kadang² sebuah batang jang kuat (paku tiang; ada pula paku jang berbatang ketjil serta memandjat.

Daunnja kebanjakan bersela-sela, tetapi ada djuga jang bertepi rata. Daun jang masih muda udjungnja tergulung, inilah suatu tanda jang banjak terdapat pada paku.

Spora² terdjadi diatas daun, didalam *kotak² spora* (sporangium).



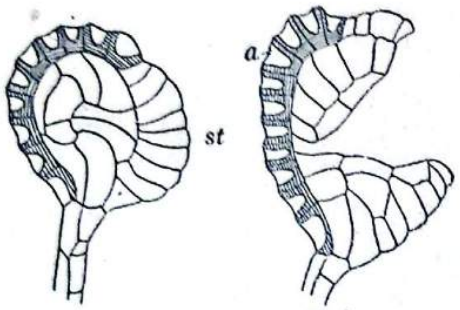
Gambar 48. *a* Prothallium paku, dilihat dari bawah; pada 1 antheridium, pada 2 archegonium; *b* Prothallium dengan ketjambah; *c* Archegonium terbuka (dibesarkan); *d* Antheridium, tertutup (dibesarkan).



Gambar 49. Sorus paku, disajat melintang; *i* = indusium (selaput jang menutup sorus).

Kotak² ini berkelompok, kelompok ini disebut *sorus* (Gambar 49). Sorus ditutup dengan selaput, atau bersembunji dibawah tepi daun jang tergulung. Kadang² sori ini tidak tertutup sama sekali.

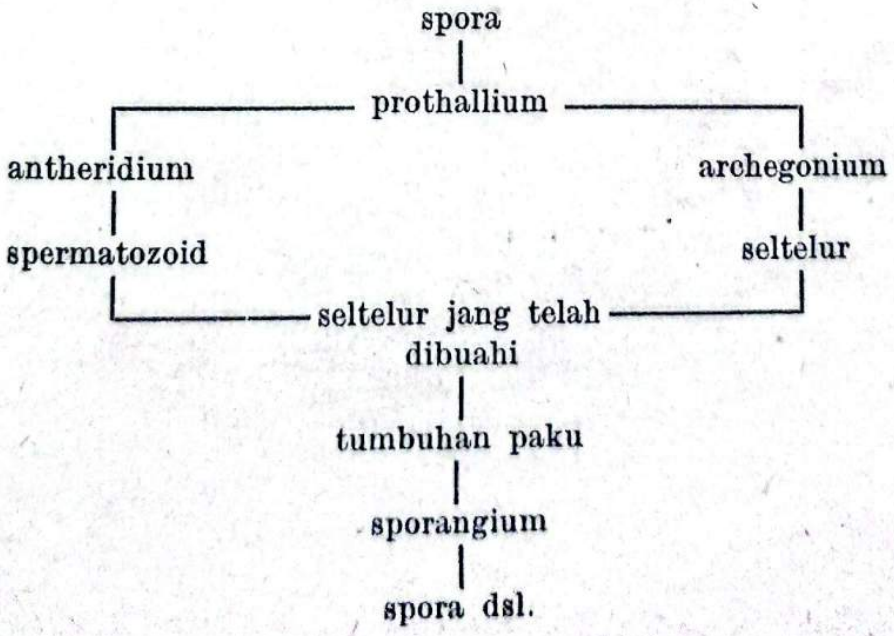
Bangunnja sporangium pada pelbagai paku, tidak sama. Gambar 50 menundjukkan sebuah sporangium jang terdiri dari sebuah tangkai dengan sebuah kotak; tebalnja dinding kotak, satu sel. Kotak ini berisi sedjumlah spora². Pada sebagian dari lingkarannja terdapat sebuah gelang, jang terdiri dari sebaris sel² berdinding tebal, ketjuali bagian luar. Sel² ini mati dan berisi air. Apabila spora² itu telah masak, sel² gelang mendjadi kering, air jang ada didalamnja mendjadi sedikit dan menarik dinding jang tipis kedalam. Karena itu lingkaran luar dari gelang mendjadi pendek. Maka petjahlah bagian sporangium jang berada dihadapan gelang. Karena kekurangan air, gelang itu melengkung kebelakang, oleh sebab gelang itu elastis, tekanannja bertambah besar. Achirnja tekanan ini demikian besar, baik kohesinja diantara bagian² air maupun adhesi dengan dinding sel putuslah. Didalam tiap² sel timbul segelembung uap dan gelangnja membanting² kembali pada kedudukan semula. Dengan gerakan itu spora² disebarkan dengan kuat.



Gambar 50. Sporangium paku; 1 tertutup, 2 terbuka.

Pada kebanjakan paku, spora² terdjadi diatas daun biasa, ada pula jang mempunjai *daun spora* (sporophyl), jang berbeda dengan daun biasa (Gambar 57, 59 dan 60).

Tjara membiaknja dapat digambarkan sebagai berikut:



Selain dengan spora beberapa matjam paku djuga dapat memperbanjak dengan kuntjup, jang timbul diatas daun dan tumbuh mendjadi tumbuhan baru. Ada djuga jang bertunas serta tunasnja mendjadi tumbuhan baru.

Perhatian: Apabila kita bandingkan paku dengan lumut, ternjata banjak persamaannja dan banjak pula perbedaannja. Persamaannja ialah, pada keduanja terdapat pergiliran turunan. Tetapi perimbangan gametophyt dan sporophyt pada paku berbeda dengan pada lumut:

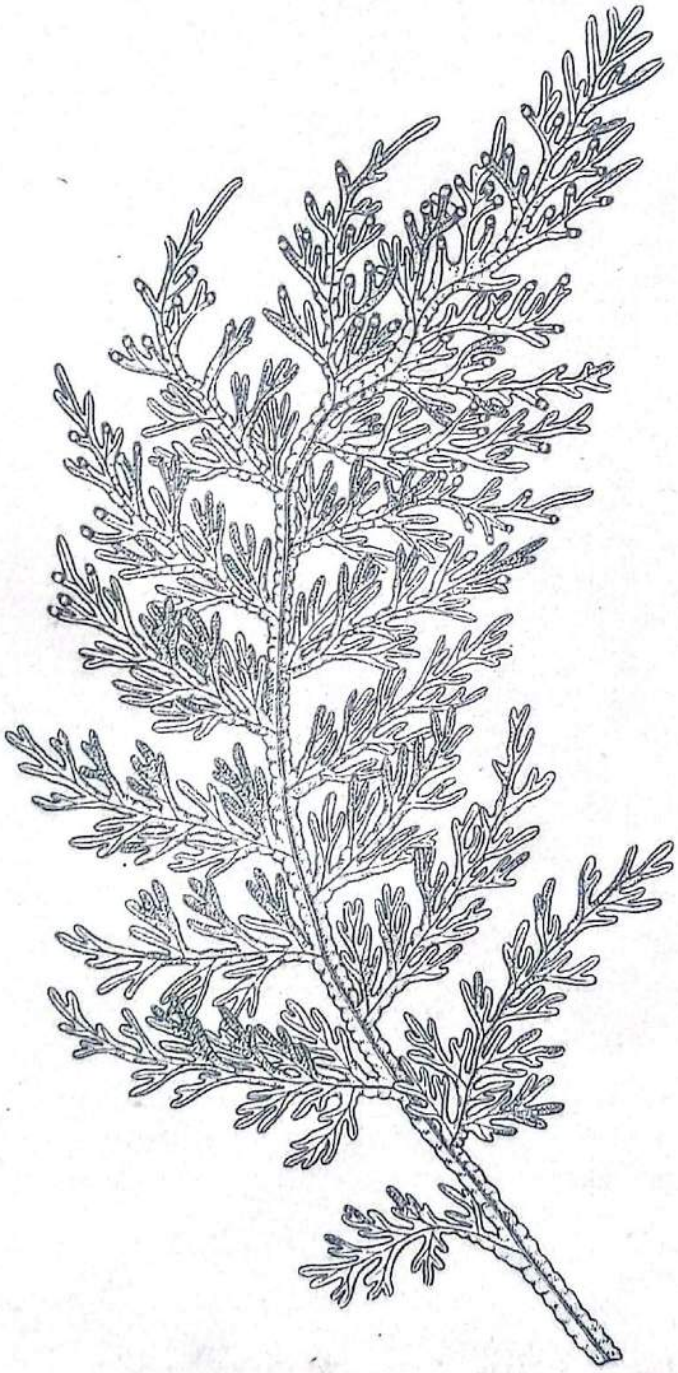
Pada lumut gametophytlah jang terkemuka, umurnja tak terbatas. Sporophyt tak dapat hidup sendiri, sedang umurnjapun pendek.

Sebaliknja pada paku sporophytlah jang utama; hidup sendiri, merupakan tumbuhan jang kuat, bangunnja sempurna dan umurnja pandjang. Gametophytnja ketjil, tak berarti, sedang umurnjapun pendek.

Gambar 51. Gleichenia linearis. *a* daun dengan sori; *b* skema tjabang; *c* sporangium.

Tjontoh-tjontoh:

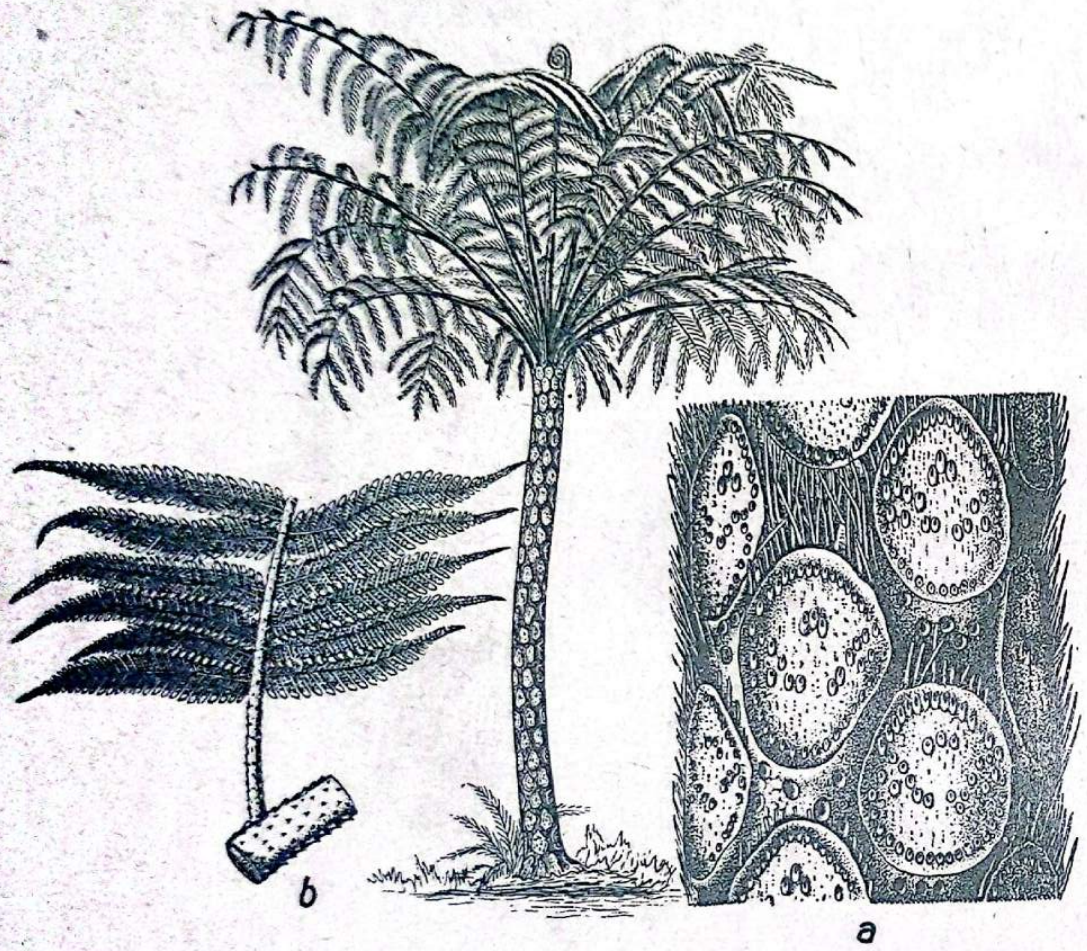
Gleichenia linearis, *Paku resam* (Gambar 51), banjak terdapat dihutan-hutan. Daunnja menjiriptunggal, dibawah tiap² tjabang terdapat bahagian jang tak berdaun.



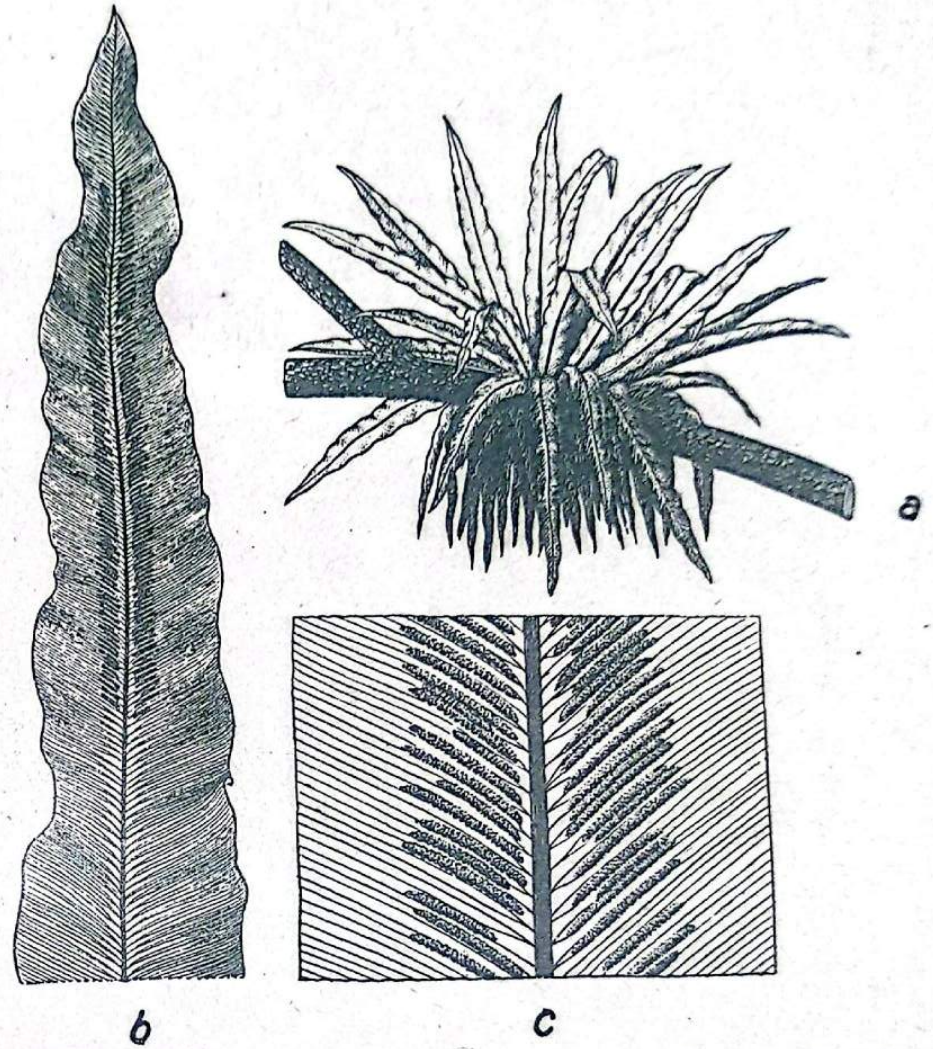
Gambar 52. Hymenophyllum australe.

Hymenophyllum (Gambar 52), matjam paku berdaun amat tipis; banjak terdapat dihutan-hutan pegunungan.

Alsophila, *paku tiang* (Gambar 53), jang termasuk antaranja bermatjam-matjam paku pohon, jang terdapat dihutan-hutan



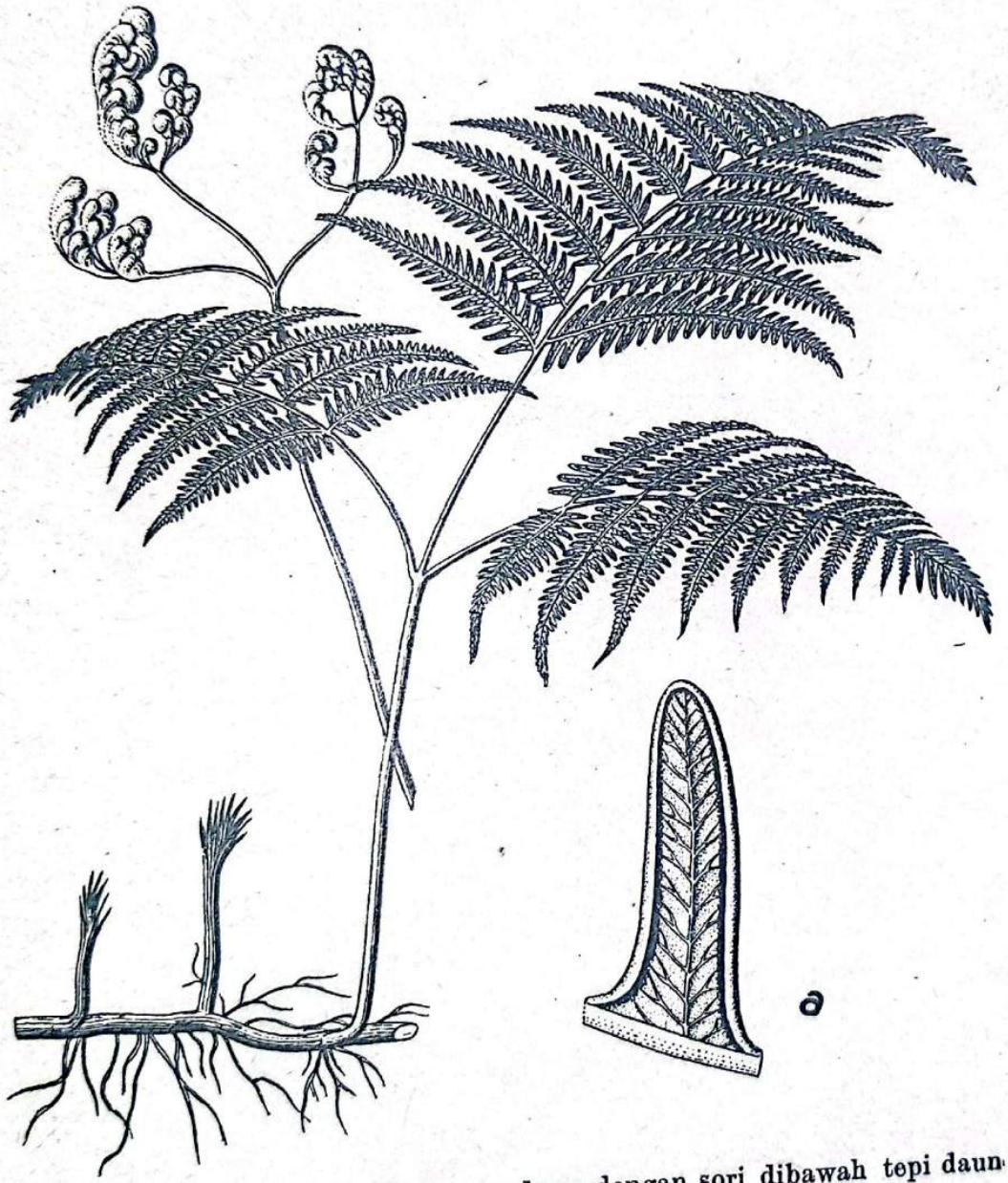
Gambar 53. Alsophila glauca. *a* sebagian batang dengan tanda² bekas duduk daun; *b* sebagian daun dengan sori, dilihat dari bawah.



Gambar 54. Asplenium Nidus. *a* seluruh tumbuhan, diketjilkan; *b* sebagian daun dilihat dari bawah, diketjilkan; *c* idem besar sebenarnja (*b* dan *c* dengan sori).

pegunungan. Batangnja tinggi, djarang bertjabang, berdaun besar. Putjuknja berbulu, tangkai daunnja berduri.

Asplenium Nidus, *Paku pandan* (Gambar 54), terdapat didaerah rendah dan dipegunungan, hidupnja epiphytik pada pohon[2].

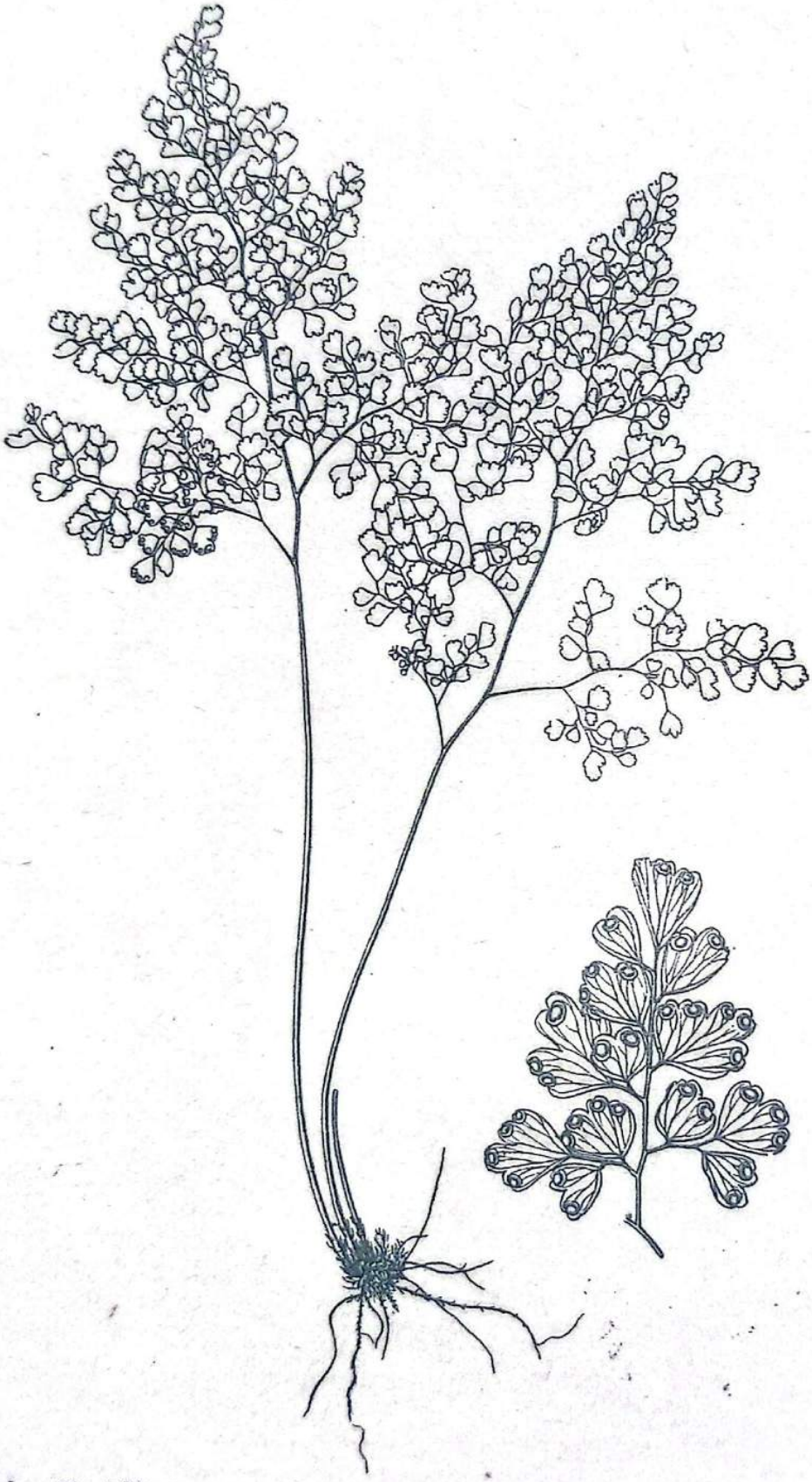


Gambar 55. Pteridium aquilinum. *a* daun dengan sori dibawah tepi daun jang tergulung.

Pteridium aquilinum, *Pakis gila* (Gambar 55), terdapat dipegunungan.

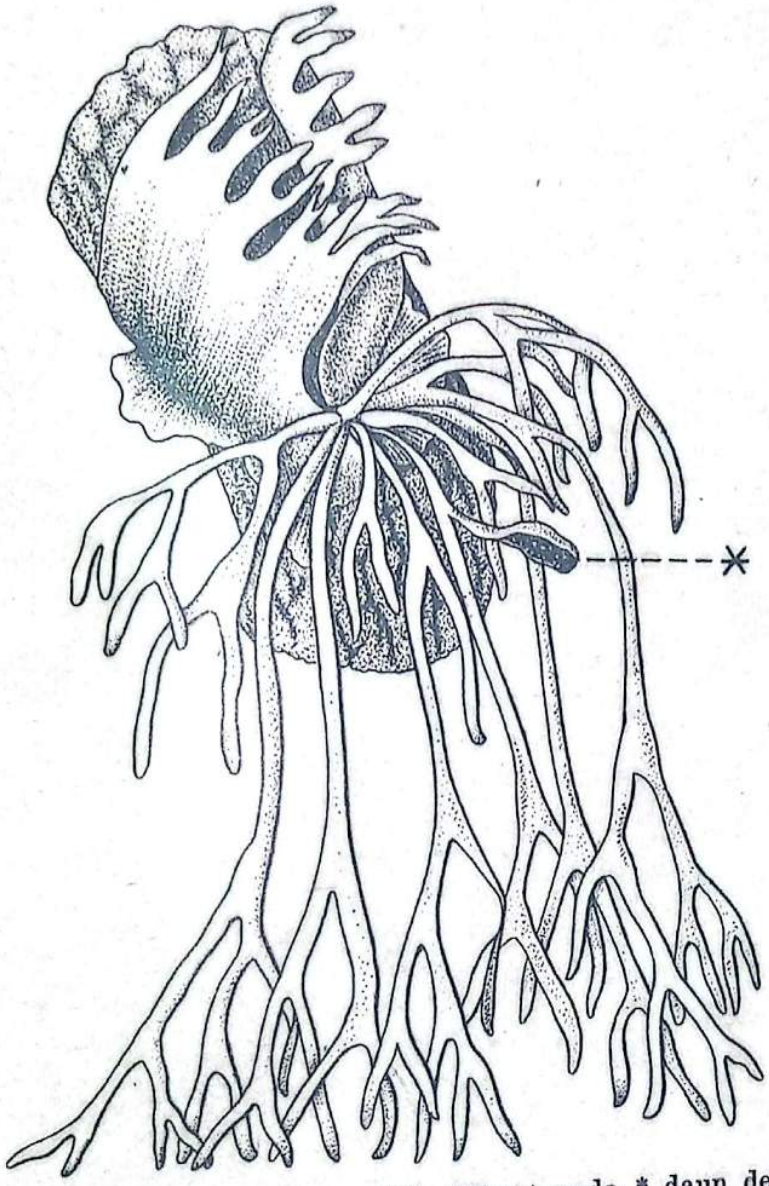
Adiantum cuneatum, *Suplir* (Gambar 56), berasal dari Amerika-Selatan.

Drygmoglossum heterophyllum, *Pitjisan* banjak terdapat pada pohon[2]. Rhizomanja mendjalar sepandjang pohon, dan melekatkan tumbuhan paku kepada pohon.



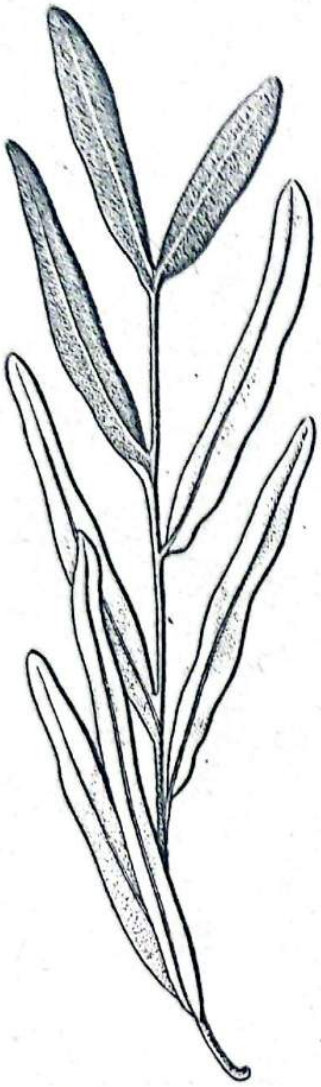
Gambar 56. Adiantum cuneatum; kanan: daun sebelah bawah dengan sori.

Cyclophorus nummulariifolius, hampir serupa dengan Drygmoglossum tetapi daunnja hampir bundar dan dibawahnja berbulu.
Platycerium biforme, *Tanduk rusa* (Gambar 57).



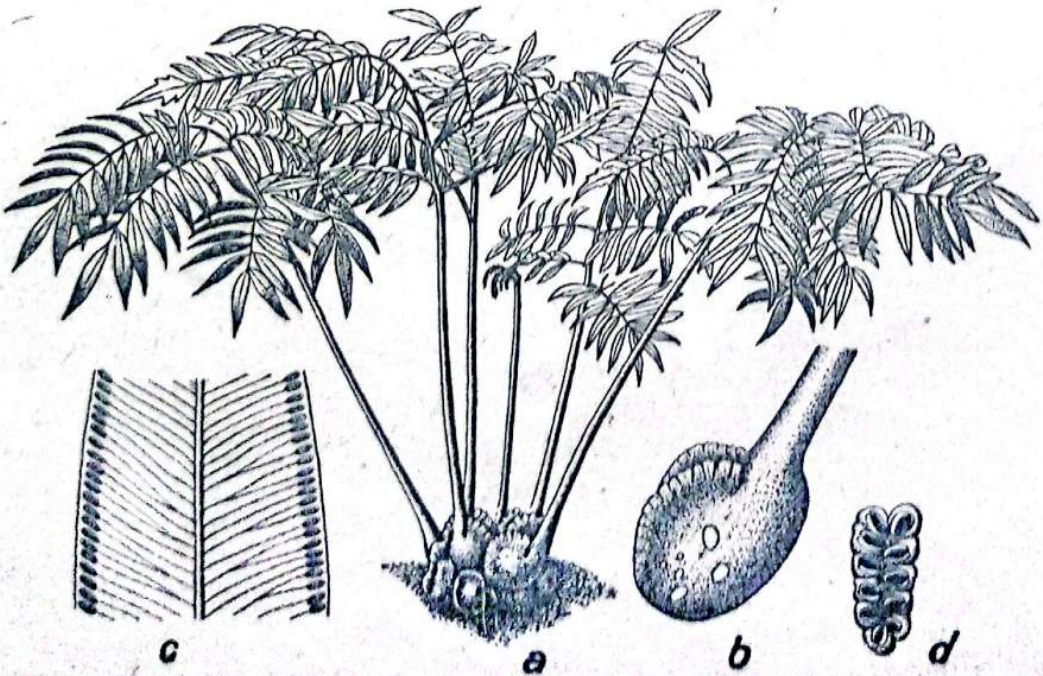
Gambar 57. Platycerium biforme (diketjilkan) pada * daun dengan sori.

Acrostichum aureum, *Paku laut* (Gambar 58), banjak terdapat dihutan bakau[2] dirawa-rawa. Paku laut tahan air masin.
Ceratopteris thalictroides, *Paku sawah* (Gambar 59), tumbuhnja di-sawah dan rawa[2].
Angiopteris evecta, *Paku munding* (Gambar 60). Tumbuhnja dipegunungan. Sporangiumnja berdinding setebal beberapa sel.



Gambar 58. Daun Acrosticbum aureum (diketjilkan).

Gambar 59. Ceratopteris thalictroides dengan sehelai daun jang tak subur dan dua helai daun jang subur.



Gambar 60. Angiopteris evecta. *a* seluruh tumbuhan, diketjilkan; *b* pangkal daun dengan daun penumpu; *c* sebagian dari daun dengan sori; *d* sorus terbuka.

PAKU AIR (Hydropteridales).

Paku air berbeda djauh dari paku biasa, biasanja tumbuhan ketjil terapung diatas air atau berakar ditempat jang bentjah.

Beberapa tjontoh:

Marsilia crenata, *Daun semanggi* (Gambar 61), banjak terdapat diselokan-selokan, disawah dan ditempat-tempat bentjah. Rhizomanja mendjalar; dari batang ini timbul beberapa daun bertangkai pandjang. Daun mudanja tergulung. Didasar tangkai daun, timbul tubuh[2] bentuk katjang (Gambar 61-*a*), didalamnja terdapat banjak

Gambar 61. Marsilia crenata. *a* sporocarpium.

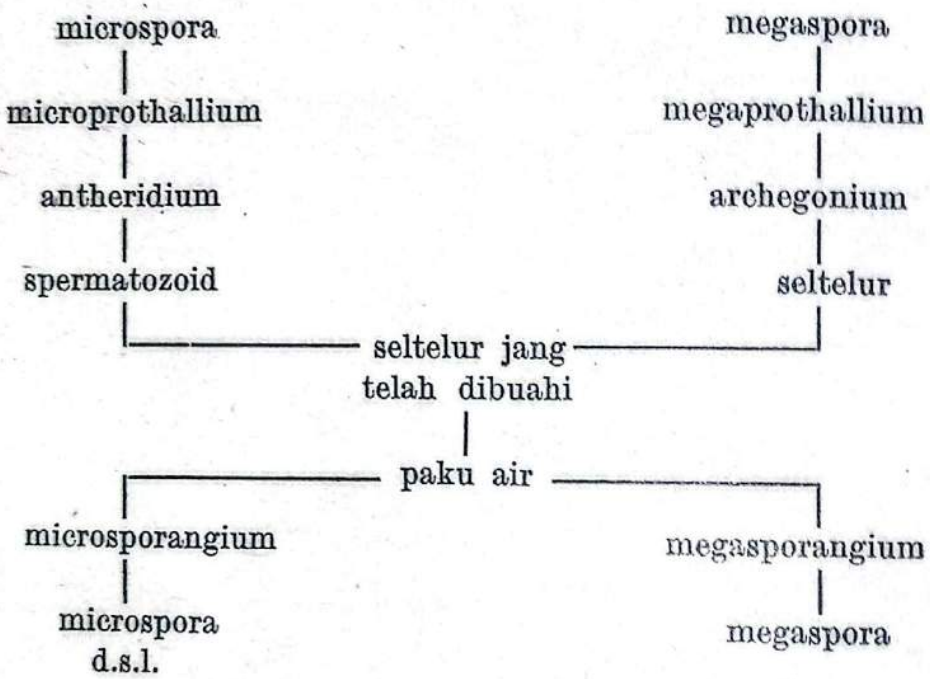
sporangium. Diantara sporangium ini ada jang membuat sedjumblah spora ketjil; sedang jang lain hanja membuat sebuah spora besar. Spora jang ketjil disebut *microspora*, jang besar *megaspora*. Sporangiumnja dinamai microsporangium dan megasporangium, tubuh jang seperti katjang namanja *buah spora* (sporocarpium).

Mudah dimengerti, bahwa prothallium jang timbul dari microspora tidak sama dengan jang timbul dari megaspora. Sebuah microspora tumbuh mendjadi microprothallium jang sangat ketjil, jang hanja membuat antheridium dengan spermatozoid. Sebuah megaspora tumbuh mendjadi megaprothallium jang lebih besar;

padanja timbul archegonium, tiap² archegonium berisi sebuah seltelur. Microprothallium dapat disebut prothallium betina. Djika dibandingkan dengan paku biasa, prothallium Marsillia crenata tak begitu sempurna.

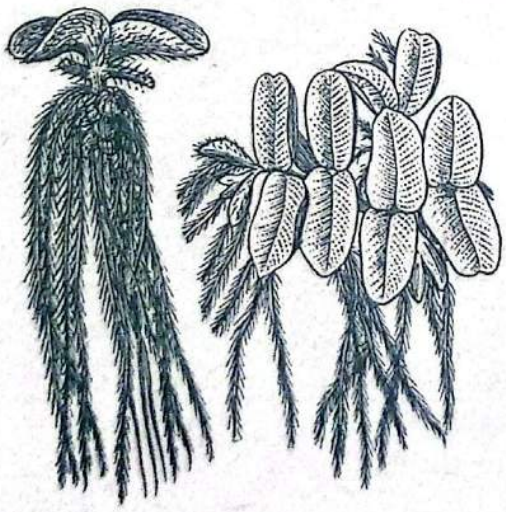
Setelah dibuahi, seltelur tumbuh mendjadi tumbuhan baru, berakar, berbatang dan berdaun.

Tjaranja berkembang biak dapat digambarkan sebagai berikut:



Beberapa tjontoh lain:

Salvinia natans (Gambar 62). Sebuah paku terapung, kerapkali terdapat di-rawa-rawa dan sawah². Daunnja berangkai tiga, dua helai daun tak berbagi dan terapung diatas air; jang sehelai lagi bergantung didalam air dan terbagi atas beberapa pantjung berbentuk rambut. Rambut² ini rupanja seperti akar dan funksinja sebagai demikian djuga.



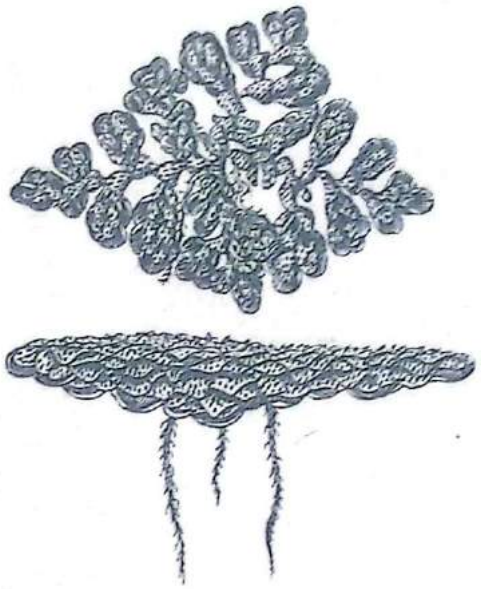
Gambar 62. Salvinia natans; kiri dengan sporocarpium; kanan dilihat dari atas.

Azolla pinnata (Gambar 63). Djuga paku terapung diatas air, warnanja merah, lebih ketjil dari Salvinia. Daunnja ketjil dan terdiri dari dua bagian jang bersusun. Bagian atas terapung diatas air, bagian bawah ada didalam air. Azolla mempunjai akar sedjati.

Perbandingan paku biasa dan paku air:

1. Pada paku air terdapat differensiasi dalam micro- dan megaspora. Dengan ini berdifferensiasi pula micro- dan megaprothallium, jang merupakan prothallium djantan dan prothallium betina. Dengan lain perkataan, *gametophyt didifferensiasikan dalam jang djantan dan jang betina.*

2. Pada paku air terdapat reduksi dari prothallium. Dibandingkan dengan sporophyt, gametophyt kurang tampil kemuka dari gametophyt paku biasa.



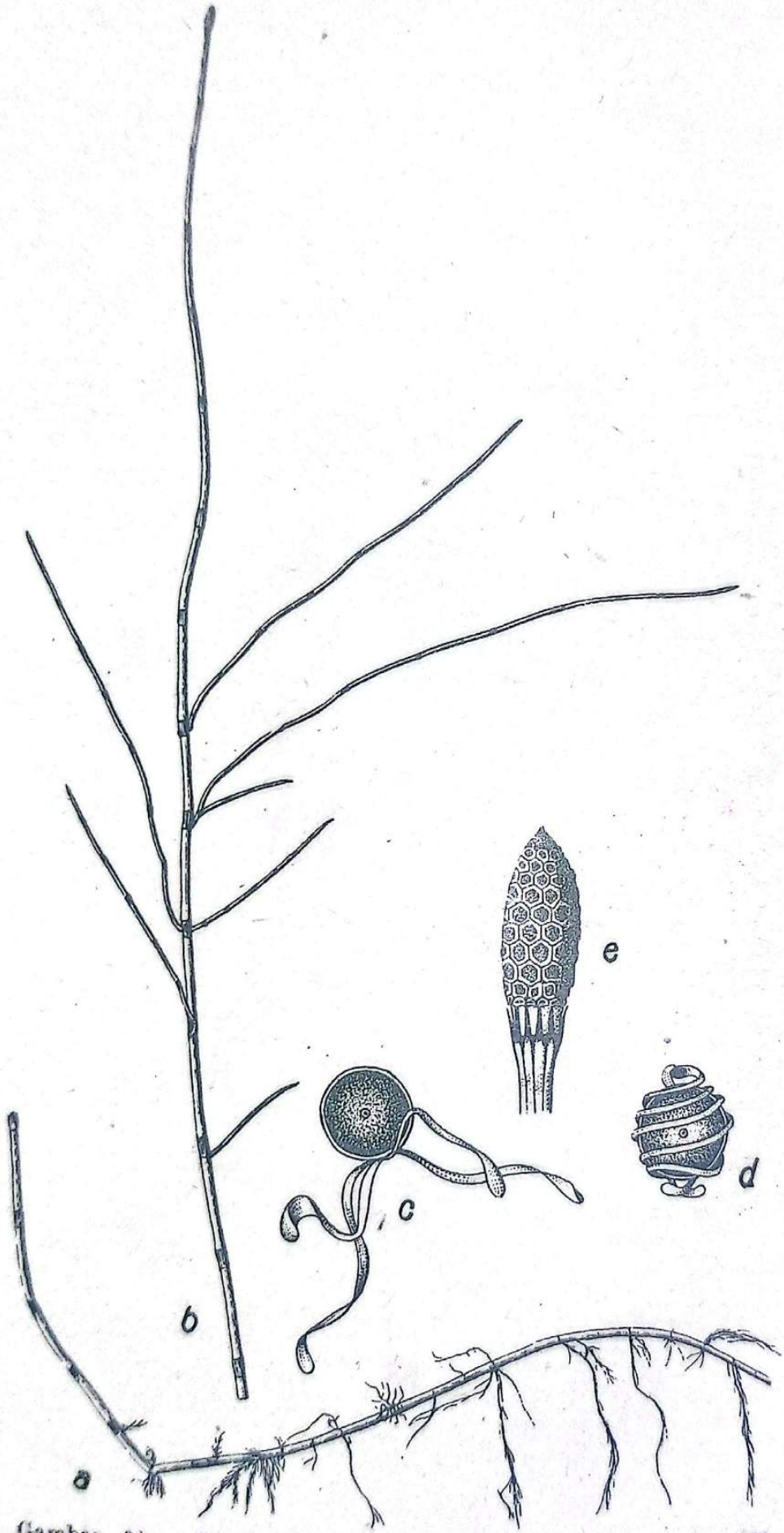
Gambar 63. Azolla pinnata (dibesarkan 3 ×).

EKOR KUDA (Equisetinae).

Di Indonesia hanja terdapat satu matjam, jakni:

Equisetum debile, *Rumput belung* (Gambar 64), terutama terdapat dipegunungan, dirawa-rawa dan ditempat-tempat basah. Tumbuhan ini dapat djuga ditanam didataran rendah. Rhizomanja mendjalar, pada akar itu timbul beberapa tangkai jang bertjabang sedikit. Batang ini berlubang, mukanja berkambi serta keras (karena mengandung asam kersik). Paku ini berruas pandjang (seperti tjabang tjemara), diatas buku² terdapat daun² ketjil, lantjip serta berbentuk sisik. Daun² ini melekat dibawah merupakan sebuah kelopak tipis. Daun²-nja tidak berhidjau daun; assimilasi terdjadi didalam batang jang berwarna hidjau.

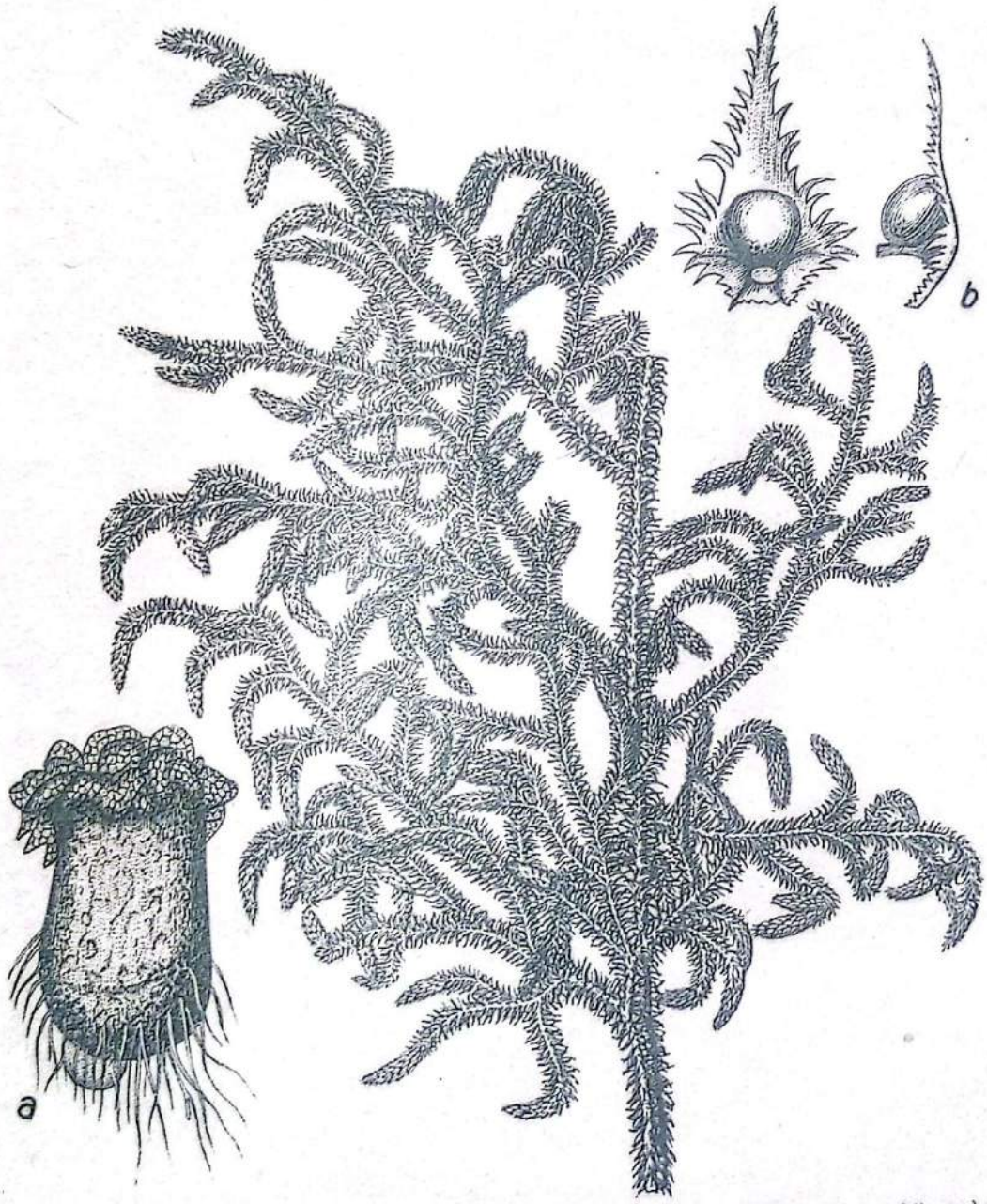
Spora² timbul pada daun² chusus. Daun spora ini berbentuk perisai segi enam, bertangkai ditengah-tengah. Dibawahnja terdapat serangkai sporangium mengelilingi tangkai daun. Perisai² berangkai dan tersusun, letaknja diudjung batang. Disini dibentuknja *bulir spora.* Spora²-nja sama besar, dan berekor empat. Ekor² ini terhampar, apabila udara kering, tetapi melingkari spora djika udara lembab. Dengan ekor ini spora² dapat selalu berkumpul, tjara menjebarnjapun demikian pula. Hal ini sangat penting, karena walaupun bentuknja sama, beberapa spora menghasilkan prothallium hanja dengan antheridium dan ada pula jang menghasilkan prothallium dengan archegonium sadja. Karena prothallium djantan dan betina terdjadinja berdekatan, pembuahan akan mudah berlaku.



Gambar 64. Equisetum debile. *a* rhizoma; *b* batang; *c* spora dalam suasana kering; *d* spora dalam suasana lembab; *e* bulir spora.

PAKU RAMBUT (Lycopodinae).

Tanda² paku rambut ialah, baik akarnja maupun batangnja bertjabang garpu. Daunnja ketjil dan tak berbagi. Sporanja timbul pada daun spora chusus; daun² ini berkumpul merupakan bulir² spora.



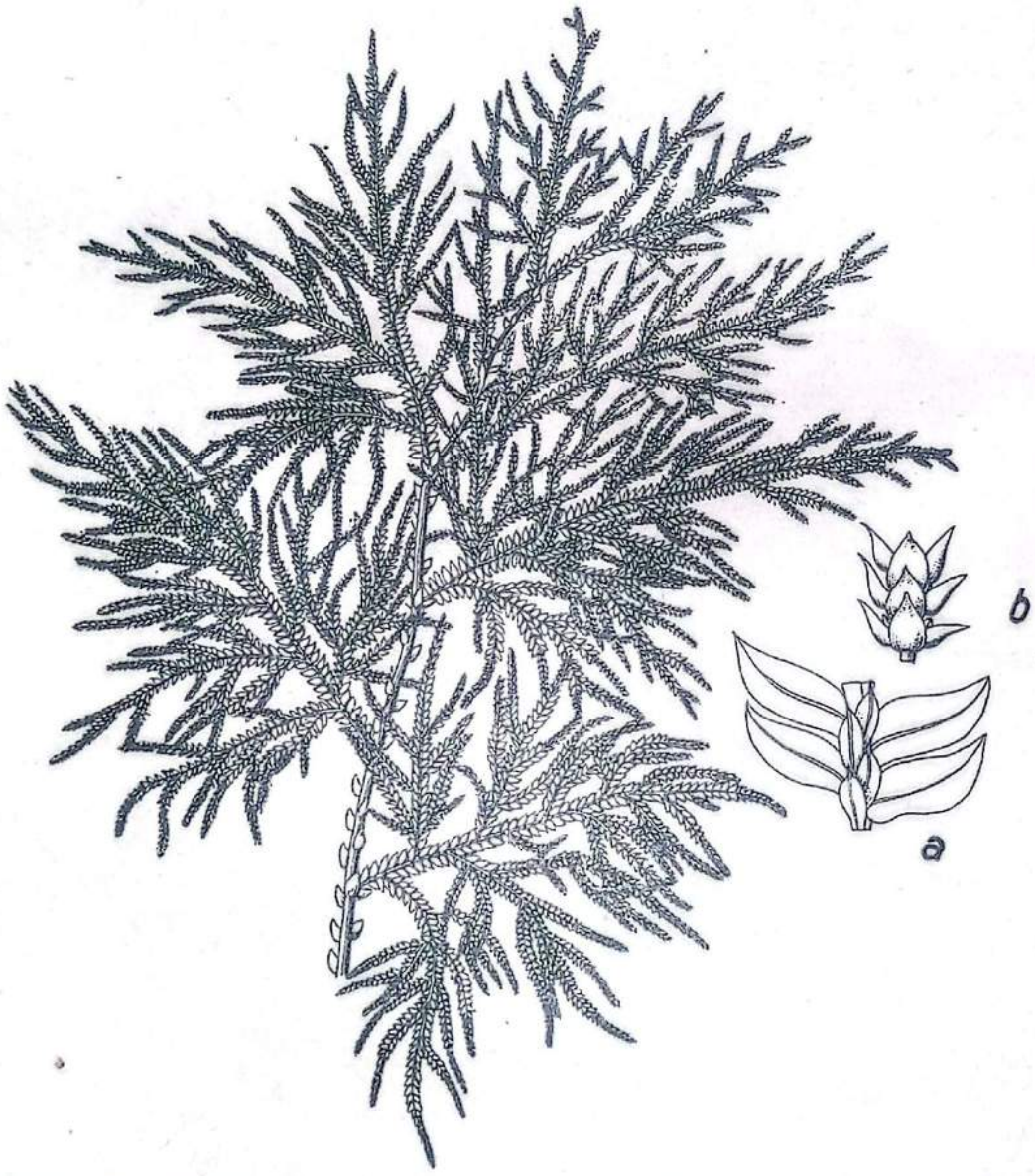
Gambar 65. Lycopodium cernuum. *a* prothallium (dibesarkan 25 ×); *b* daun dari bulir spora (sporophyl) dengan sporangium, dibesarkan 20 ×.

Paku rambut terbagi atas dua golongan:

Paku rambut biasa hidup epiphytik atau diatas tanah. Tjontoh: **Lycopodium cernuum** (Gambar 65), banjak dipakai untuk karangan bunga. Batangnja bertjabang banjak. Daunnja ketjil berbentuk

djarum (rambut). Diudjung batang terdapat bulir² spora. Daun spora hanja mempunjai sebuah sporangium besar; spora²-nja semua sama besar.

Sellaginellaceae, banjak terdapat dihutan-hutan pegunungan.
Selaginella caudata, *Paku rane* (Gambar 66) batangnja kerapkali



Gambar 66. Selaginella caudata. *a* sebagian dari batang dengan dua matjam daun; *b* sebagian dari bulir spora.

lebih dari 1 m, bertjabang banjak. Daun²nja duduk dalam empat baris; barisan tengah terdiri dari daun² ketjil, barisan pinggir dari daun² jang lebih besar dan pandjang (Gambar 66*a*). Pada pangkal daun terdapat sebuah *lidah* tipis untuk menadah air hudjan.

Semua Selaginellaceae mempunjai *pembawa akar*, jakni batang

jang tak berdaun serta tumbuh kebawah dan timbul dari batang jang berdaun. Rupanja seperti akar djuga; diudjungnja timbul akar². Batang jang berdaun tidak berakar.

Tambahan: **Paku bidji (Pteridospermae).**

Golongan ini hidup dizamanpurbakala. Dari fosil² jang diketemukan ternjata, bahwa tumbuhan ini termasuk paku² berakar dan berbatang serta tumbuhnja besar seperti pohon² dan semak². Daun²nja berbentuk bulu bersela-sela. Tumbuhan ini membuat mikro- dan megaspora.

Hal jang terpenting jaitu: tumbuhan ini membuat mata² bidji, jang rupanja hampir sama dengan mata bidji pakis hadji. Karena itu tumbuhan ini merupakan matjam peralihan dengan tumbuhan sempurna.

ANATOMI

Anatomi, jaitu *ilmu bangunan dalam* tumbuh-tumbuhan; terbagi atas:

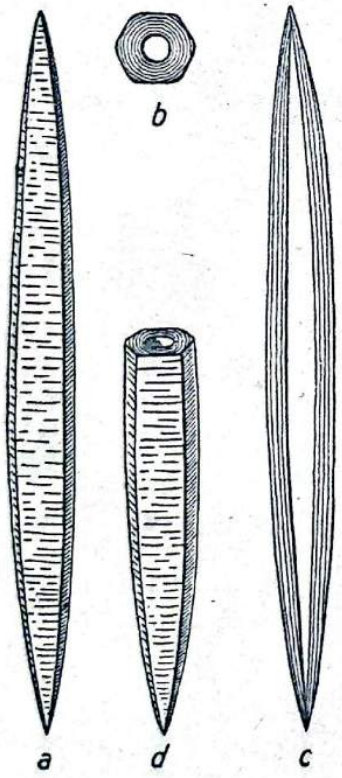
I. ilmu sel².
II. ilmu djaringan tubuh.
III. ilmu tubuh.

I. SEL

Sel adalah pembangun tumbuh-tumbuhan. Tumbuhan jang paling ketjil, misalnja bakteri dan bermatjam² ganggang terdiri dari sebuah sel. Kebanjakan tumbuhan dibangun oleh sel sel amat banjak.

Hanja beberapa matjam sel dapat dilihat dengan mata, tetapi kebanjakan ketjil sekali, hingga baru dapat terlihat dalam mikroskop. Jang termasuk golongan jang terketjil jakni bakteri. Sel² jang membangun daging daun biasa, besarnja dari 15 sampai 100 μ; serat kapas pandjangnja 1—5 cm.

Bentuknja bermatjam-matjam, ada jang seperti kubus, seperti prisma, seperti benang, agak bundar dsb.



Gambar 67.
Sel berbentuk gelendong.
a dilihat dari luar;
b penampang melintang;
c penampang membudjur;
d = *a* disajat melintang.

Dalam sediaan (preparat) mikroskop hanja dapat dilihat penampang sel, karena irisan itu amat tipis. Dari penampang itu bentuk sel tidak selalu dapat dilihat. Sel jang berbentuk gelendong sebagaimana digambarkan dalam gambar 67*a* penampang melintangnja kira² seperti gambar 67*b* dan membudjurnja seperti gambar 67*c*. Disini dari kedua penampang itu dapat ditentukan bentuknja sel.

Diwaktu melihat gambar² anatomik hendaklah selalu diperhatikan, bahwa kebanjakan hanja penampangnja sadjalah jang tergambar. Gambar itu hanja alat penolong sadja; bentuknja jang digambarkan sebenarnja harus diperikan berlaku ketiga djurusan dalam ruangan jang terlihat.

Dalam sel tumbuhan, biasanja terdapat isi sel atau *protoplast* dan *dinding sel* (Gambar 2).

PROTOPLAST.

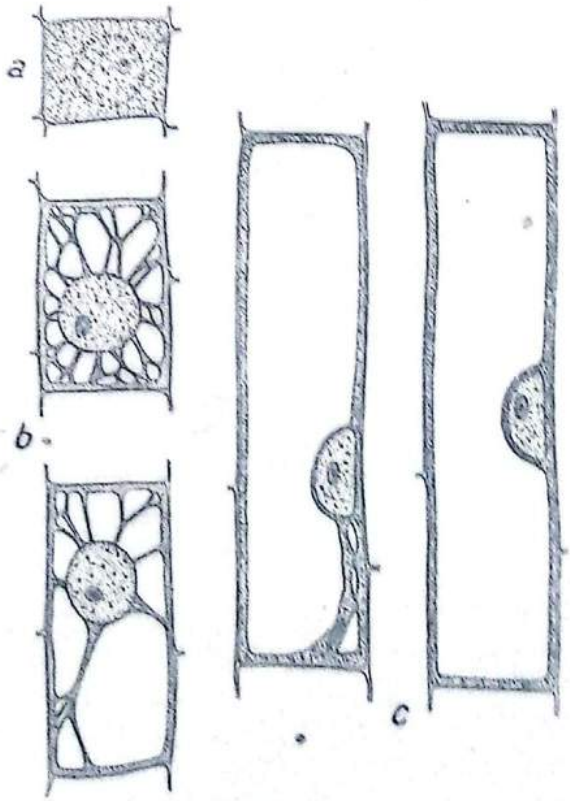
Protoplast ialah bagian jang hidup dalam sel. Bahannja disebut *protoplasma*. Protoplast dibagi atas:

1. *plasma sel* atau dengan singkat *plasma*: lendir djernih, didalamnja terdapat sedjumlah butir² ketjil.

2. *inti sel*, letaknja dalam plasma sel, bentuknja kebanjakan bulat.

3. *pembawa zat warna* (chromatophora), letaknja djuga didalam plasma sel, lebih ketjil dari inti sel.

Tidak selamanja inti mudah kelihatan dalam mikroskop, karena kerapkali warnanja sama dengan plasma sel. Dalam hal ini intinja harus dibubuhi warna supaja dapat kelihatan. Kebanjakan, warna itu tidak dapat dipakai untuk sel hidup, karena itu hendaknja sel itu dimatikan lebih dahulu. Tetapi harus didjaga, mematikannja djangan sampai berakibat timbulnja hal² jang tidak terdapat pada sel hidupi Pekerdjaan ini dinamai *merekat*. Untuk obat perekat dapat dipaka. umpamanja chroomazijnzuur(0,7gram asam chroom, 0,5 cc tjuka es, 100 cc air). Setelah merekat barulah diberi zat *warna*, misalnja tjairan haematoxylin. Inti sel dapat menerima zat warna ini lebih dari plasma sel, dan karena itu dapat kelihatan dengan njata.



Gambar 68. *a* sel muda; *b* lebih tua; *c* sel tua.

Plasma sel. Sel² muda jang ada diudjung akar dan batang, seluruh ruangan dalamnja diisi dengan plasma sel, inti dan pembawa zat warna. Sel itu makin tua makin besar, tetapi hanja dindingnja sadja jang bertambah besar, intinja tidak, begitu pula banjaknja plasma boleh dikatakan tetap. Akibatnja ialah dalam plasma sel terdapat rongga² jang disebut *vacuola* (Gambar 68). Rongga ini berisi *air sel* jaitu tjairan beberapa bahan.

Didalam sel, plasma kerapkali bergerak; dengan demikian memadjukan pengangkutan bahan² dalam sel.

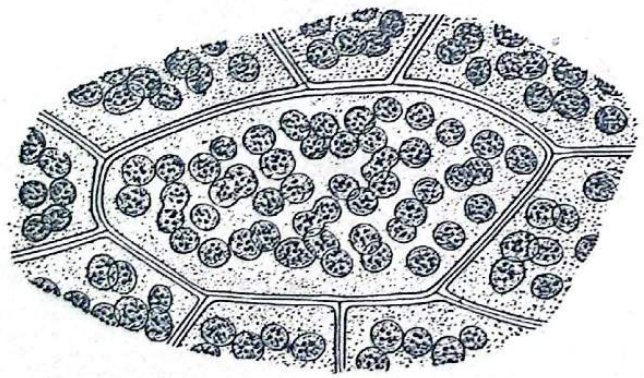
Inti sel. Hampir pada semua sel telah dapat diperlihatkan intinja. Hanja bakteri dan ganggangbiru rupanja tak mempunjai inti. Biasanja dalam satu sel hanja terdapat sebuah inti.

Pada inti terdapat:

1. *dinding inti*, biasanja hanja selaput jang tidak begitu njata. Selaput ini memisahkan isi inti dari plasma sel.
2. *rangka inti*, djala² dari benang halus. Rangka ini baru kelihatan, djika preparat itu diberi warna. Peranan benang² ini akan dibitjarakan dilain bagian.
3. *air inti*, air jang ada diantara benang² rangka inti.
4. Sebutir atau beberapa *butir inti*, butir² ketjil, bulat. Butir² ini menerima amat baik zat warna (Gambar 73). Gunanja belum dapat dipastikan, mungkin mengandung bahan² tjadangan.

Pembawa zat warna (chromatophora). Dalam sel² muda chromatophora ini tak berwarna; disebutnja *leucoplast*. Setelah sel tua chromatophora dapat berubah mendjadi:

1. **butir hidjau daun** (butir chlorophyl, Gambar 69), terdapat diseluruh bagian tumbuhan jang berwarna hidjau; pertumbuhannja hanja apabila ada tjahaja matahari tjukup. Butir² ini mengandung zat hidjau daun (chlorophyl). Pada ganggangmerah selain chlorophyl terdapat djuga zat warna merah, pada ganggangbiru zat warna biru dan pada Diatomea zat warna tjoklat. Butir chlorophyl ini dapat mengubah carbondioxyde bersama air mendjadi zat gula atau tepung, apabila ada tjahaja matahari tjukup.



Gambar 69. Sel dengan butir² hidjau daun, titik² hitam ialah butir² tepung.

2. **pembawa zat warna,** mengandung zat warna kuning, djingga atau merah, diantaranja terdapat pada daun bunga, buah-buahan, dan didalam sel² bortel.

3. **pembuat pati,** jaitu chromatophora jang tidak berwarna, dan dapat membuat zat pati dari zat gula. Pembuat zat pati kebanjakan terdapat dibagian tumbuhan, jang ada persediaan pati, misalnja dalam akar (ubi kaju), buah (pisang) dan bidji (beras, djagung).

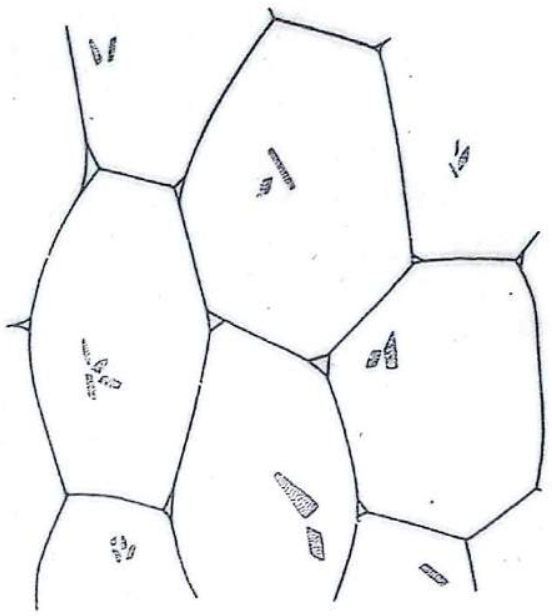
Bahan mati. Selain inti sel dan pembawa zat warna dalam

protoplast kerapkali djuga terdapat bahan² mati. Jang terpenting antaranja ialah:

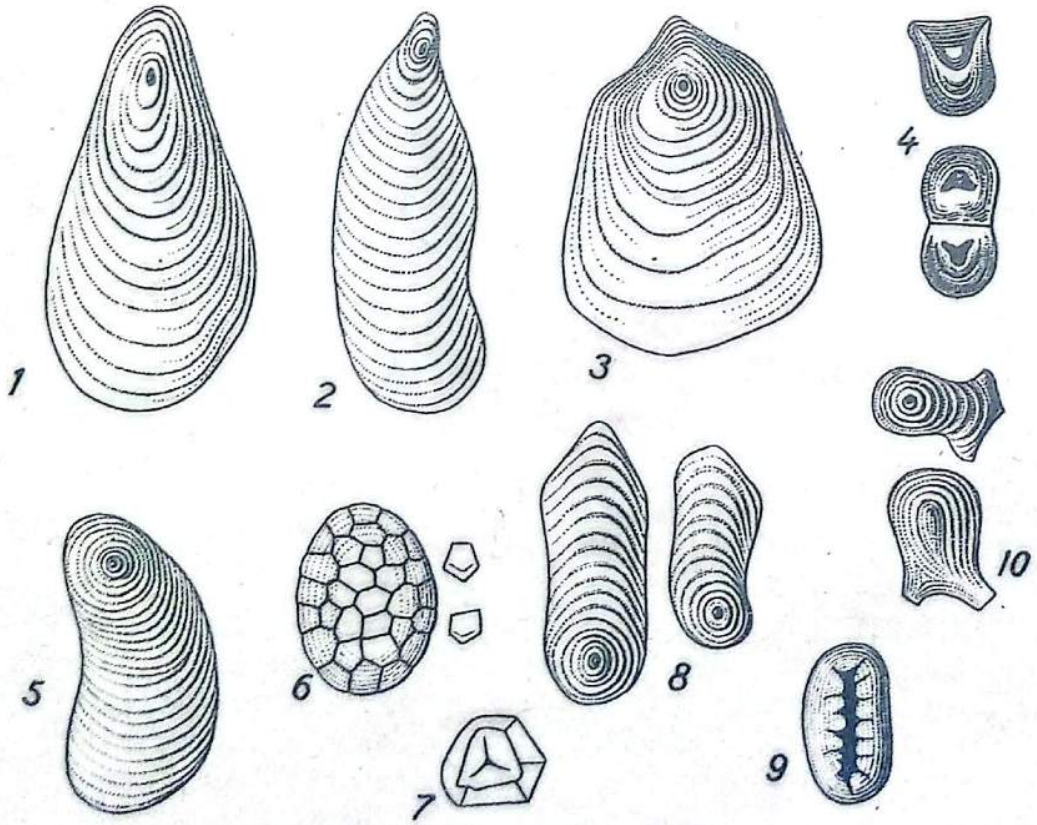
1. **air sel.** Air sel, isi rongga sel, ialah tjairan air dengan zat² misalnja garam, asam, gula dan protein; didalamnja kadang² djuga terdapat zat warna atau ratjun tumbuhan (alkaloid) misalnja nicotine, kinine dll.

2. **lemak.** Biasanja sebagai makanan persediaan didalam bidji.

3. **minjak actheris** (tjepat menguap), menjebabkan rasa pedas pada beberapa bagian tanaman (djai, lombok); pada bunga² memberi bau harum untuk menarik serangga².



Gambar 70. Sel² ubi bortel (Daucus carota) dengan butir² zat warna.



Gambar 71. Pati (tepung).

1 Kentang. 2 Kunjit. 3 Canna (Tasbih). 4 Ubi kaju. 5 Ubi (Dioscorea). 6 Beras. 7 Djagung. 8 Pisang. 9 Katjang. 10 Sagu.

4. **butir² pati.** Jang ketjil dibuat didalam butir² hidjau daun dengan bantuan tjahaja matahari; jang besar dibuat ditempat-tempat persediaan makanan oleh pembuat zat pati.

Butir² tepung dari berbagai tumbuhan dapat dilihat perbedaannja dalam mikroskop. Karena berbeda bangunnja tepung² jang digunakan sebagai bahan makanan, dapat diketahui dengan mudah, bahkan pemalsuanpun mudah dapat diketahui.

Pada umumnja butir² pati berlapis-lapis, berselang-selang warna tua dan muda, melingkari sebuah *bintik pusat*. Lapisan² itu disebabkan karena adanja perbedaan deradjat air.

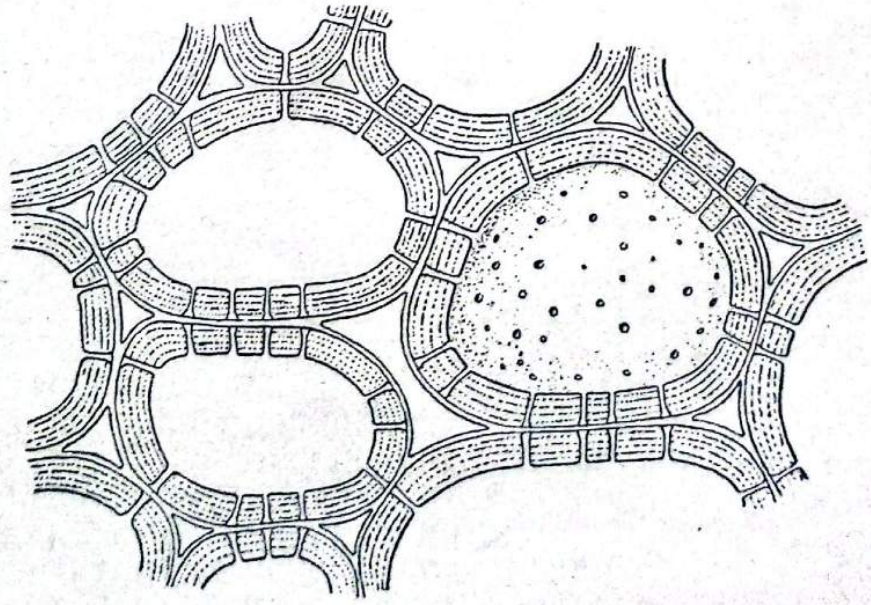
5. **butir² protein.** Butir² ini terutama terdapat sebagai makanan persediaan dalam berbagai matjam bidji.

DINDING SEL.

Dinding sel ditimbulkan sebagai bahan mati dari protoplast; pada sel muda dinding ini amat tipis, lama kelamaan bertambah tebal dan memperkuat sel² itu. Dinding sel jang amat tebal mengandung zat kaju, gabus, kapur atau kersik. Lain dari padi itu, terutama terdiri dari cellulose $(C_6 H_{10} O_5)_n$.

Bahan kaju antaranja memberi kekuatan kepada bagian kaju dari tumbuh-tumbuhan; gabus, bahan berminjak, mendjaga djangan sampai tumbuhan itu amat kering.

Beberapa matjam gangganglaut dapat mengeluarkan kapur ($CaCO_3$)



Gambar 72. Sel² tempurung kelapa lapisan dalam; sel² ini mendjadi tebal dan bernoktah. Pada sel sebelah kanan kelihatan dindingnja bagian dalam.

banjak, hingga warnanja mendjadi putih, djika *ganggang* itu dikeringkan.

Kersik menjebabkan kerasnja tumbuhan, umpamanja alang².

Untuk memudahkan pengangkutan bahan² dari satu kelain sel, dindingsel itu tidak sama tebal, dibeberapa tempat terdapat bagian² jang tipis, disebutnja *noktah* (Gambar 72). Noktah sel² jang berbatasan letaknja berhadap-hadapan, hingga pada tempat itu, protoplast dari kedua belah terpisah hanja dengan sebuah dinding tipis. Tambahan pula kerapkali ada beberapa saluran menembus dinding ini. Dengan djalan tembusan ini benang² plasma dari satu sel menembus kelain sel, hingga ada hubungan antara protoplast dari masing² sel.

Sel² jang dindingnja menebal biasanja protoplastnja lenjap, dengan lain perkataan matilah sel itu. Sel² demikian mendjadi penting untuk memperkokoh tumbuhan; ada pula jang berguna dalam pengangkutan air.

PEMBIAKAN SEL.

Tumbuhnja tanaman, sebagian disebabkan karena bertambah besarnja beberapa sel chusus, sebagian lagi karena bertambah banjaknja sel. Sel² bertambah banjak karena *membelah*. Mula² intinja membelah kemudian seluruh sel.

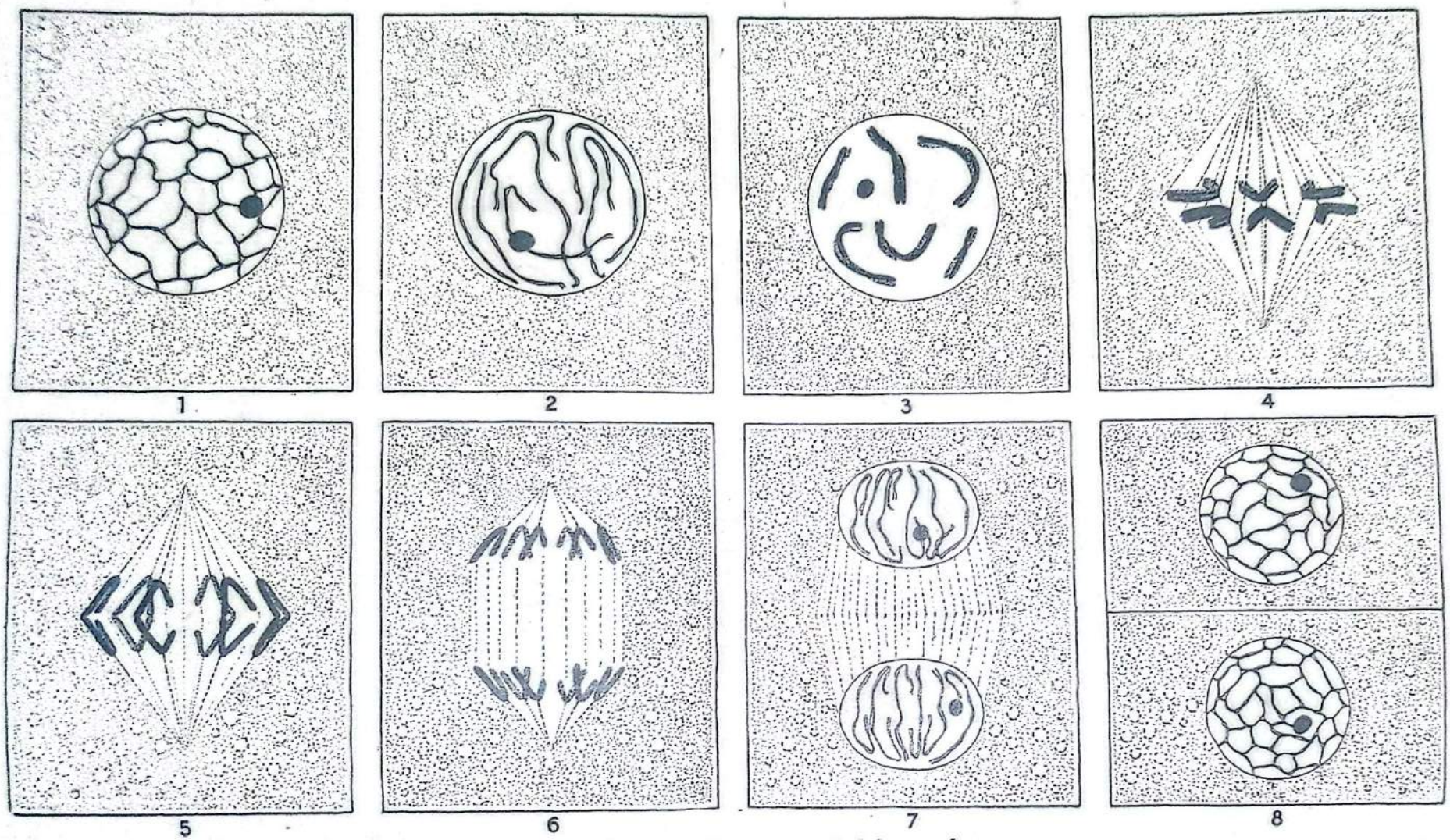
Pembelahan sel hanja terdapat pada sel muda, terutama pada *titik tumbuh*, karena itu, udjung akar dan udjung batang adalah bahan jang paling baik untuk mempeladjari djalannja pembelahan.

Gambar 73 memberi skema djalannja pembelahan sel.

(1) menggambarkan sebuah sel jang intinja belum membelah. Dalam inti jang beristirahat ini — setelah preparat direkat dan diberi warna — rangka inti kelihatan seperti djala² (bandingkanlah dengan hal. 70). Apabila pembelahan dimulai, maka dari djala² ini terlepaslah sedjumlah (disini 6 buah) pasang benang halus serta pandjang (2). Benang² ini lambat laun mendjadi pendek dan tebal (3), disebutnja *pembawa sifat* (chromosoma). Chromosom² berkumpul ditengah-tengah inti pada jang disebut *penampang tengah* (4). Bersamaan dengan ini chromosoma² membela membudjur. Dinding inti lenjaplah dan timbullah sebuah *gelendong inti*. Agaknja gelendong inti ini terdiri dari benang² plasma jang berhimpun pada kedua *kutubnja* dibawah dan diatas penampang tengah.

Dalam tingkatan berikutnja kedua belah pembawa sifat itu terlepaslah: *dari tiap² chromosom separuhnja menudju kutub jang satu, separuhnja lagi menudju kutub jang lain* (5 dan 6).

Pada tiap² kutub timbullah sebuah inti baru. Pembawa² sifat



Gambar 73. Skema pembelahan sel.

berubah lagi mendjadi benang² pandjang serta halus, dan pada tiap ikatan benang dibentuk sebuah dinding inti dan terdjadilah dua inti baru.

Ditengah-tengah diantara kedua inti baru ini terdjadi sebuah dinding; dengan demikian sel asal membelah djadi dua buah sel: *dari sebuah sel induk terdjadi dua buah sel anak* (8). Disini timbullah sedjumlah chromosom jang sama banjaknja.

Banjaknja pembawa sifat. Dalam hal² jang diuraikan diatas njatalah, bahwa semua sel² anak, mempunjai chromosoma jang sama banjaknja. Sebuah tumbuhan bersel-banjak, jang terdjadi dari pembelahan sebuah sel induk, mengandung pembawa sifat jang sama banjaknja dalam tiap² selnja. Pada tumbuh-tumbuhan sedjenis dengan tumbuhan tadi banjaknja pembawa sifat dalam tiap² sel sama.

Dengan membelahnja pembawa sifat membudjur semua bahan² jang ada didalamnja, terbagi rata dalam kedua sel anak. Hal ini menundjukkan bahwa bahan² ini memegang peranan penting dalam hidupnja tumbuh-tumbuhan. Nanti akan terlihat, bahwa pembawa² sifat ini agaknja *pembawa sifat² jang turun-temurun* (*baka*).

Dalam Gambar 73, untuk memudahkan, hanja digambarkan enam buah chromosoma. Pada kebanjakan tumbuh-tumbuhan djumlahnja lebih besar.

Diwaktu membelah butir² inti hilang, tetapi kemudian terdjadi lagi.

II. DJARINGAN TUBUH

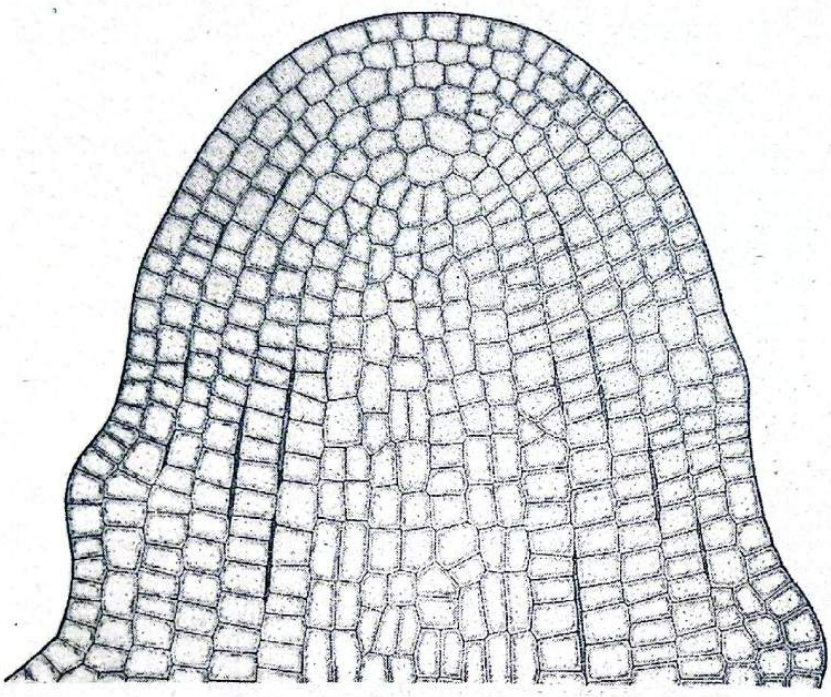
Pada tumbuh-tumbuhan jang dibangun hanja dari sebuah sel, segala faal jang perlu (makan, bernapas, bergerak, membiak) dilakukan oleh sel itu. Tumbuh-tumbuhan bersel banjak jang paling rendah, seperti Spirogyra, terdiri dari sel² jang sama bentuknja dan sama kewadjibannja dalam hidupnja. Pada tanaman jang lebih sempurna, terdapat differensiasi pekerdjaan, dengan lain perkataan: pekerdjaan dibagikan kepada kumpulan² sel jang tertentu. Tiap² kumpulan selnja rata² sama bentuknja, karena kewadjibannja sama. *Kumpulan sel² jang sama bentuknja dan sama pekerdjaannja disebut djaringan tubuh.* Sel² dari berbagai djaringan tubuh jang berbeda pekerdjaannja kerapkali bentuknjapun berbeda.

Djaringan tubuh dibagi dalam *meristem* dan *djaringan tubuh tua.*

MERISTEM.

Meristem adalah sekumpulan sel muda, jang senantiasa membelah. Kumpulan ini pertama-tama terdapat diudjung akar dan batang; djadi pada titik tumbuh (Gambar 74). Sel²nja ketjil,

berbentuk kubus, berdinding tipis dan berisi penuh dengan protoplasma. Sel² itu terdjadi karena pembelahan seltelur jang telah dibuahi berulang ulang. Pertama-tama terdjadilah lembaga dalam bidji. Lembaga ini tumbuh mendjadi tumbuhan tua, tetapi sel² diudjung akar dan batang tetap muda, karena membelah terus-



Gambar 74. Penampang titik tumbuh batang.

menerus. Dengan demikian sel² tersebut mengurus supaja tumbuhan bertambah pandjang. Dilain bagian akan diuraikan tentang meristem lain (lihat tumbuh lingkar sekonder).

DJARINGAN TUBUH TUA.

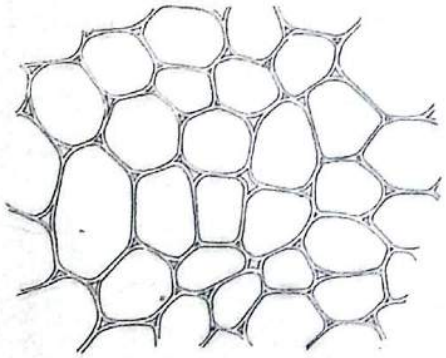
Sel² jang letaknja agak djauh dari titik tumbuh bertambah besar, bertambah tua dan mendapat bentuk jang selaras dengan kewadjibannja. Maka berkumpullah sel² jang sama bentuknja, dan dengan demikian *terbagilah meristem itu dalam berbagai-bagai djaringan tubuh tua.*

Menurut bangun dan arti sel²nja bagi tumbuh-tumbuhan, terdapat:

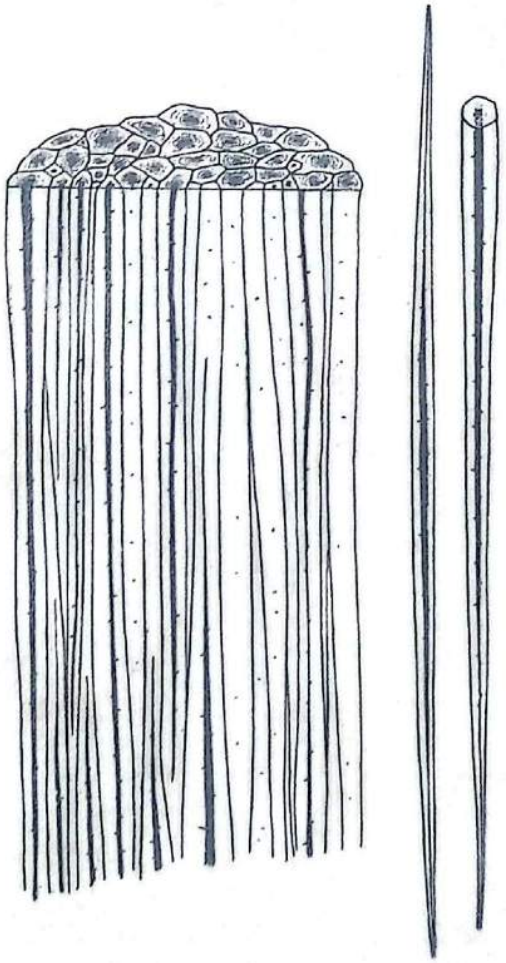
1. **Kulit luar** (epidermis). Epidermis adalah sel² lapisan luar, jang meliputi akar muda, batang semak dan daun². Sel² ini masing² amat rapat dan kebanjakan tak berhidjau daun. Pada bagian tumbuh-tumbuhan diatas tanah, kulit luar ini gunanja untuk melindungi djaringan² tubuh jang lebih dalam; pada akar epidermis itu amat penting dalam pengisapan air.

2. **Parenchym.** Parenchym (Gambar 75) adalah sematjam djaringan dasar, tempat melekat djaringan² lain. Djaringan ini terdapat disemua bagian tumbuh-tumbuhan. Didalam daun, parenchym membuat daging daun jang ada diantara rangka daun. Didalam akar dan batangpun parenchym mengisi ruang² diantara berbagai djaringan. Parenchym dibangun dari sel hidup jang berdinding tipis; sel² ini kerapkali terlepas hubungannja jang satu dengan jang lain, terutama sudutnja, hingga timbullah ruang² diantaranja. Ruang² ini disebut *antarsel*. Antarsel² ini merupakan saluran² diseluruh tumbuh-tumbuhan; jang amat penting guna menjempurnakan pertukaran gas untuk bernapas dan assimilasi.

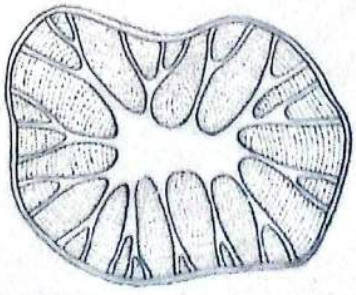
3. **Djaringan penundjang.** Djaringan penundjang gunanja untuk memberi kekuatan. Karena itu dinding selnja mendjadi tebal dan mengandung bahan kaju (Gambar 72). Sel² jang pandjang serta lantjip dinamai *serabut* Gambar (76). Serabut ada dua matjam, jaitu *serabut kaju* dan *serabut kulit kaju*. Jang pertama terdapat didalam kaju, terutama pada tumbuh-tumbuhan berbidji terbuka, jang kedua didalam kulit kaju dari kebanjakan tanaman. Serabut kulit kaju amat liat, terutama pada tanaman serat, seperti rami, sisal, manillahennep, jute, linnen dll.



Gambar 75. Parenchym.



Gambar 76. Serabut.



Gambar 77. Sel batu dari kulit buah kesemek (Diospyros Kaki).

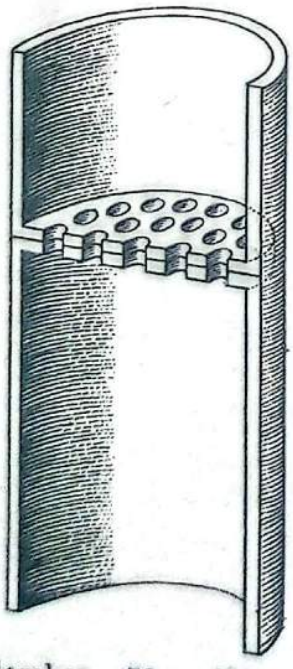
Sel² jang agak bulat dan dindingnja

amat tebal disebut *sel batu*, karena sangat keras (Gambar 77), terdapat misalnja didalam tempurung kelapa (Gambar 72), bidji kenari dll.

Serabut kuat dilenturkan dan kuat pula diregangkan; sel batu jang menahan tekanannja.

Pada banjak tumbuh-tumbuhan, terutama jang berkeping tunggal (Monocotyl), letak djaringan itu demikian rupa, hingga hanja dengan pengorbanan sedikit, dapat diperoleh kekuatan sebesar-besarnja. Tak beda halnja dengan tudjuan seorang insinjur dalam hal membuat bangunan² dari besi, misalnja ada gentjelan sel penundjang jang merupakan balok bentuk I. Djaringan penundjang jang baik terdapat pada batang rumput, amat ketjil dibandingkan dengan pandjangnja, tetapi sangat kuat.

4. **Djaringan buluh.** Pada tumbuh-tumbuhan jang kurang sempurna, pengangkutan bahan² itu semata-mata dilakukan dari satu sel kelain sel. Karena banjak dinding² sel jang harus dilalui, pengangkutan itu tak mungkin tjepat djalannja. Pada lumut daun, diporos batang terdapat sel² pandjang jang bersambung-sambung. Karena itu bahan² dari bawah keatas, tidak banjak melalui dinding sel, hingga pengangkutannja agak tjepat. Pada tumbuh-tumbuhan jang lebih sempurna (paku dan tumbuhan bunga) dinding² melintang itu sebagian besar atau seluruhnja, hilang; hingga terdapatlah pipa² rambut. Pipa² ini disebut *buluh* atau pembuluh. Karena adanja buluh² ini, pengangkutan bahan² dapat berlaku lebih tjepat.



Gambar 78. Skema sebuah buluh tapis dengan papan tapis (penampang membudjur).

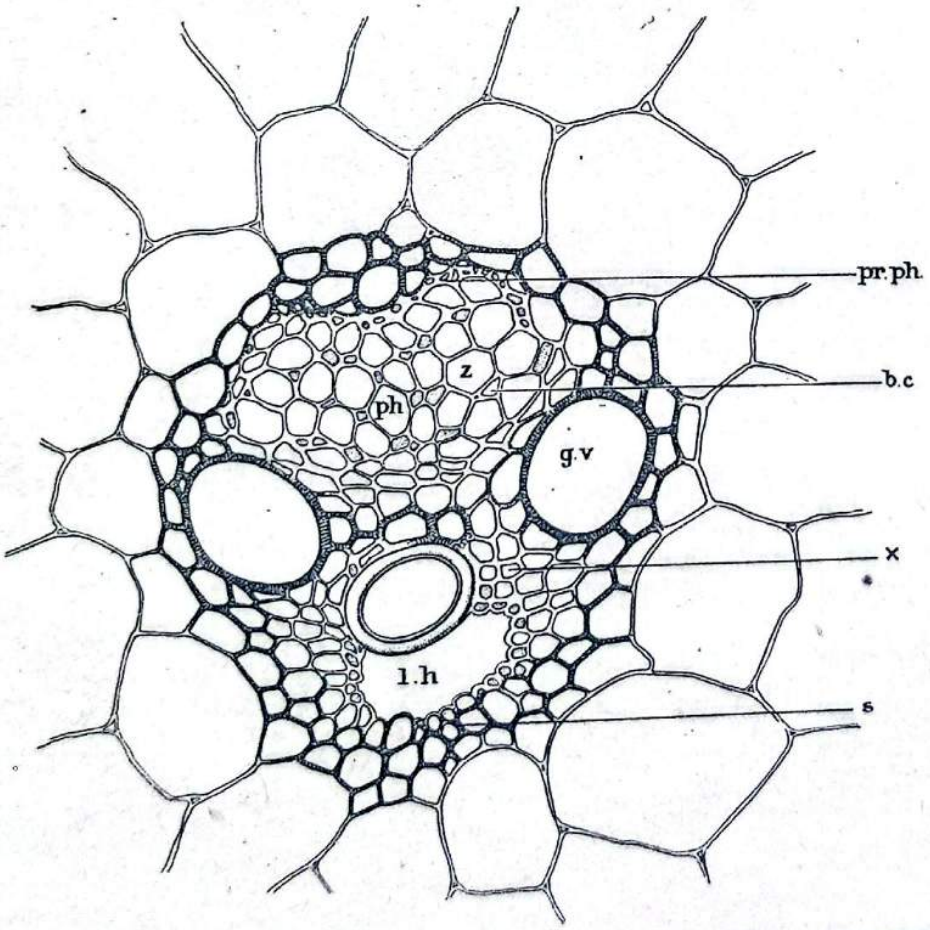
Menurut bangun dan faalnja dikenal dua matjam buluh, jakni *buluh² kaju* dan *buluh² tapis*.

Buluh² kaju. Dari barisan² sel jang pandjang, dindingnja jang melintang tidak ada, karena itu terdjadilah pipa² jang pandjangnja beberapa centimeter, bahkan ada pula jang beberapa meter pandjangnja, misalnja pada rotan. Dindingnja kebanjakan mengandang zat kaju hingga mendjadi kuat dan membantu pula memperkokoh tumbuh-tumbuhan. Pada buluh² kaju tua, isi sel tidak ada (mati); buluh² ini gunanja untuk mengangkut air dan garam² tanah jang tertjair dalam air itu. Pengangkutan terutama dilakukan dari bawah keatas.

Buluh² tapis. Dinding² jang melintang tidak lenjap sama sekali, tetapi berlubang-

lubang merupakan tapisan (Gambar 78); disebutnja *papan tapis*. Dinding buluh² tapis tidak berkaju, tetapi dibuat dari cellulose. Plasmanja masih ada; buluh² itu hidup, Gunanja untuk mengangkut bahan² jang dibuat didalam daun. Pengangkutan ini berlaku dari atas kebawah.

Ikatan pembuluh. Biasanja sedjumlah buluh² kaju dan buluh² tapis berkumpul dalam satu ikatan; *ikatan pembulah* ini terdiri dari dua bagian, jakni *bagian kaju* dan *bagian tapisan* (djuga disebut bagian kulit kaju). Didalam ikatan pembuluh terdapat sel² diantara berbagai-bagai pembuluh: jakni dibagian kaju terdapat serabut² kaju dan parenchym kaju, dibagian tapisan terdapat serabut kulit kaju dan parenchym kulit kaju. Serabut² kulit kaju melindungi buluh² tapis jang amat lembut. Parenchym kaju dan parenchym kulit kaju itulah tempat penjimpanan makanan tjadangan sediaan (terutama tepung).



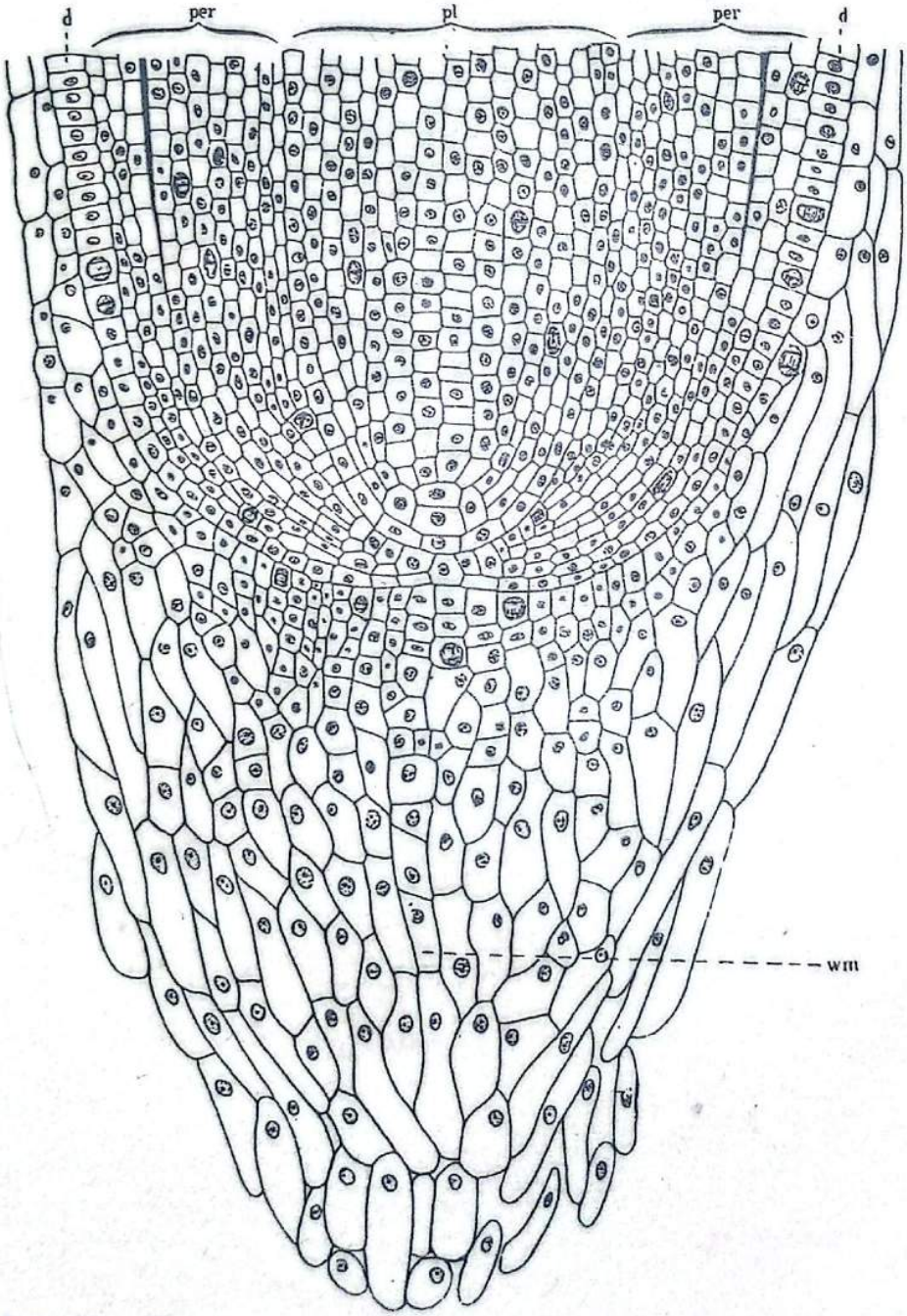
Gambar 79. Penampang melintang ikatan pembuluh djagung. *x* = bagian kaju (xyleem); *gv* buluh kaju jang luas; *ph* bagian kulit kaju (phloëem); *z* buluh tapis; *bc* sel pengiring = sel jang penuh dengan plasma, pengiringi buluh² tapis; *s* selubung serabut berdinding tebal jang melingkari ikatan pembuluh; *lh* rongga didalam bagian kaju.

III. TUBUH[2]

Sedjumlah sel[2] merupakan sebuah djaringan; beberapa djaringan membangun sebuah tubuh. Tubuh[2] jang terpenting adalah *akar*, *batang* dan *daun*.

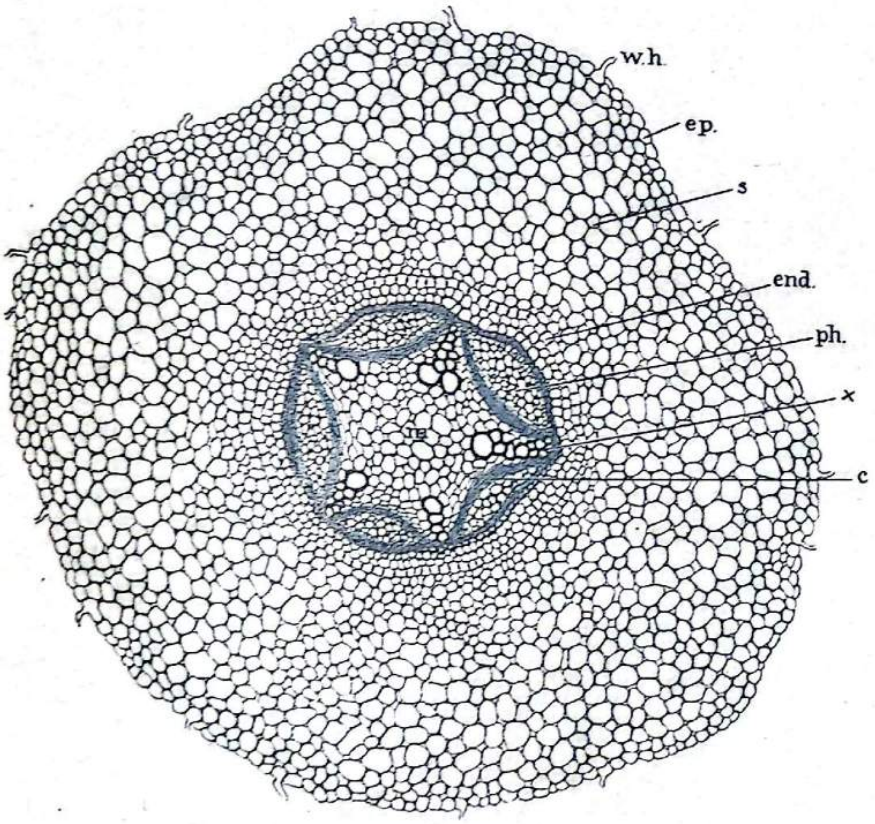
AKAR.

Udjung akar, (Gambar 80) terdiri dari sel[2] muda jang senantiasa



Gambar 80. Penampang membudjur udjung akar tebu. *wm* tudung akar; *d* permulaan kulit luar; per = permulaan kulit pertama; *pl* = permulaan silinder pusat.

membelah, dan merupakan titik tumbuh akar. Sel² itu sangat lembut dan mudah rusak kalau menembus tanah. Udjung akar diliputi dengan sebuah tudung, terdiri dari sel² pelindung. Tudung ini dinamai *tudung akar* (calyptra), luarnja berlendir, karena itu mudah menembuskan akar kedalam tanah. Tudung akar tjepat aus (rusak) diluarnja, tetapi didalamnja senantiasa timbul sel² baru.



Gambar 81. Penampang melintang akar muda tumbuh-tumbuhan berbidji belah. *ep* kulit luar; *wh* bulu akar; *s* kulit pertama; *end* = endodermis; *ph* buluh² tapis; *x* buluh² kaju; *m* empulur; *c* cambium.

Dibelakang titik tumbuh, sel² berdifferensiasi: dibagian luar terdjadi *kulit luar*, dibawah kulit luar ada *kulit pertama* dan ditengah-tengah, *pusatnja* (empulur).

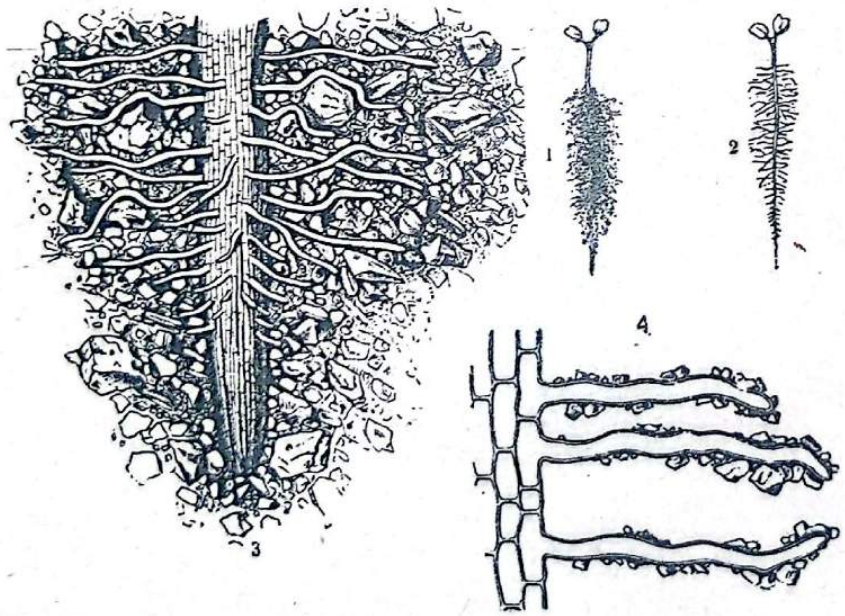
Kulit luar (epidermis). Epidermis terdiri dari selapis sel²; diantara sel² itu tak terdapat antarsel². Dinding selnja tipis dan mudah memasukkan air (sebaliknja dari bagian tumbuhan diatas tanah). Tak djauh dari udjung akar terdapat sel² epidermis jang berbentuk pipa mendjulang keluar; sel² ini mendjadi *bulu akar* (Gambar 82). Bulu akar itu menembus kedalam tjelah tanah jang terketjil dan pertama-tama mengurus pengisapan air serta garam² tanah. Bulu²

ini melekat kepada bagian² tanah itu, mendjadi satu dengan tanah dan dengan demikian seolah-olah menambat tumbuhan itu didalam tanah.

Makin besar, akar itu, timbullah pula bulu² akar baru, sedangkan jang tua mati, dengan demikian akar itu berbulu hanja disekitar udjungnja sadja.

Bukan sadja bulu akar, tetapi sel² kulit luarpun lama kelamaan mati pula, sehingga dibagian² akar jang tua, kulit luar ini tak nampak lagi. Sel² luar dari bagian² ini seperti gabus dan tak dapat memasukkan air lagi.

Kalau orang memindahkan tanaman, hendaklah diperhatikan bahwa hanja udjung akarlah jang dapat mengisap air jang tjukup. Karena itu, tanaman itu harus dipindahkan berikut segumpal tanah, agar udjung akarnja tidak rusak. Akar jang rusak dapat mengakibatkan matinja tanaman.



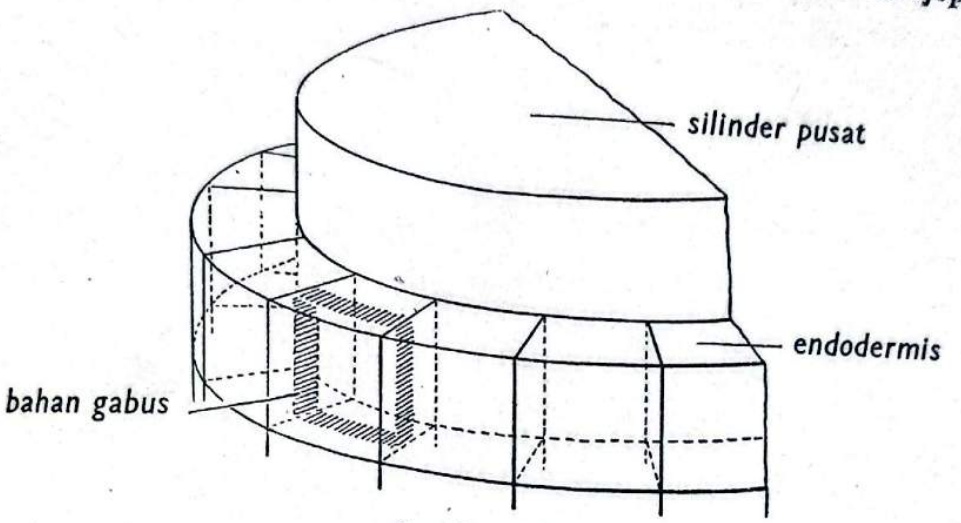
Gambar 82. 1 ketjambah; bagian² tanah melekat pada bulu akar; 2 ketjambah tidak disertai bagian² tanah; 3 udjung akar dengan bulu akar didalam tanah; 4 penampang beberapa bulu akar dengan bagian² tanah.

Kulit pertama. Kulit pertama terdiri dari sel² berdinding tipis; diantaranja terdapat antar² sel banjak (Gambar 81). Antar² sel ini amat berguna bagi pertukaran gas.

Lapisan sel² bagian dalam dari kulit pertama disebut *endodermis* (Gambar 81 dan 83); lapisan ini merupakan lapisan batas antara kulit dan bagian pusat (tengah). Didalam dindingnja jang melintang kepada bagian tengah, terdapat bahan gabus, hingga tak dapat kemasukan air. Dinding² endodermis jang sedjadjar dengan bagian tengah tidak mengandung gabus dan tidak merintangi djalannja air.

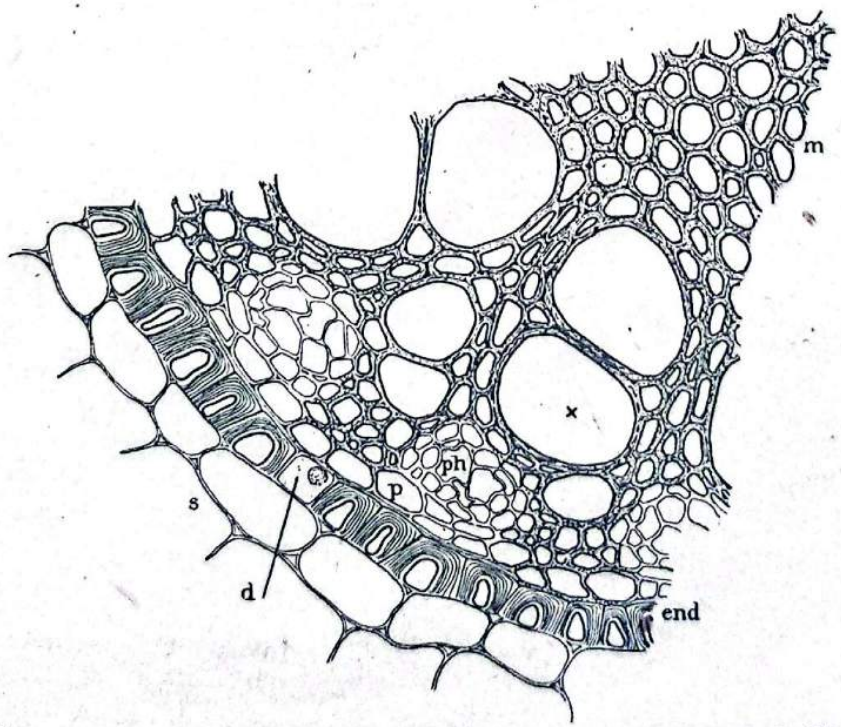
Karena itu djalannja air terpaksa melalui protoplast hidup. Protoplast ini dapat mengatur djalan air.

Dibagian-bagian tua dari akar Dicotyl, endodermis tertjepit,



Gambar 83.

karena bertambah tebalnja djaringan jang ada dibawahnja; pada waktu itu tak penting lagi bagi hidup tanaman.



Gambar 84. Penampang melintang akar monocotyl. *s* kulit pertama; *end* endodermis; *d* sel peresap; *ph* buluh tapis; *x* buluh kaju; *m* empulur.

Akar Monocotyl tidak bertambah besar; dibagian-bagian jang telah tua, dinding sel endodermis bertambah tebal serta terendam

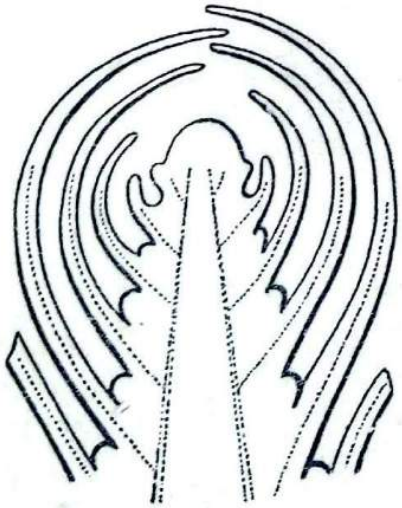
bahan kaju, hingga tak dapat kemasukan air. Akan tetapi beberapa sel jang letaknja berhadapan dengan buluh kaju, dindingnja tidak bertambah tebal (sel peresap, Gambar 84) dan memungkinkan air masuk dari kulit kedalam buluh kaju.

Silinder pusat (bagian tengah). Bagian jang terpenting dalam silinder pusat, ialah pembuluh². Ikatan buluh kaju jang tersusun seperti djari², letaknja bergiliran dengan ikatan buluh tapis (Gambar 81); diantaranja terdapat parenchym.

Akar tjabang timbul dari lapisan luar silinder pusat, hingga harus menembus endodermis dan kulit pertama.

BATANG.

Sebagaimana halnja pada akar, pada batangpun letaknja titik tumbuh pada udjungnja. Dibelakangnja terdapat bintil², jaitu permulaan (bakal) daun. Diatas ini ada bakal tjabang, djuga sebagai bintil² (Gambar 85).



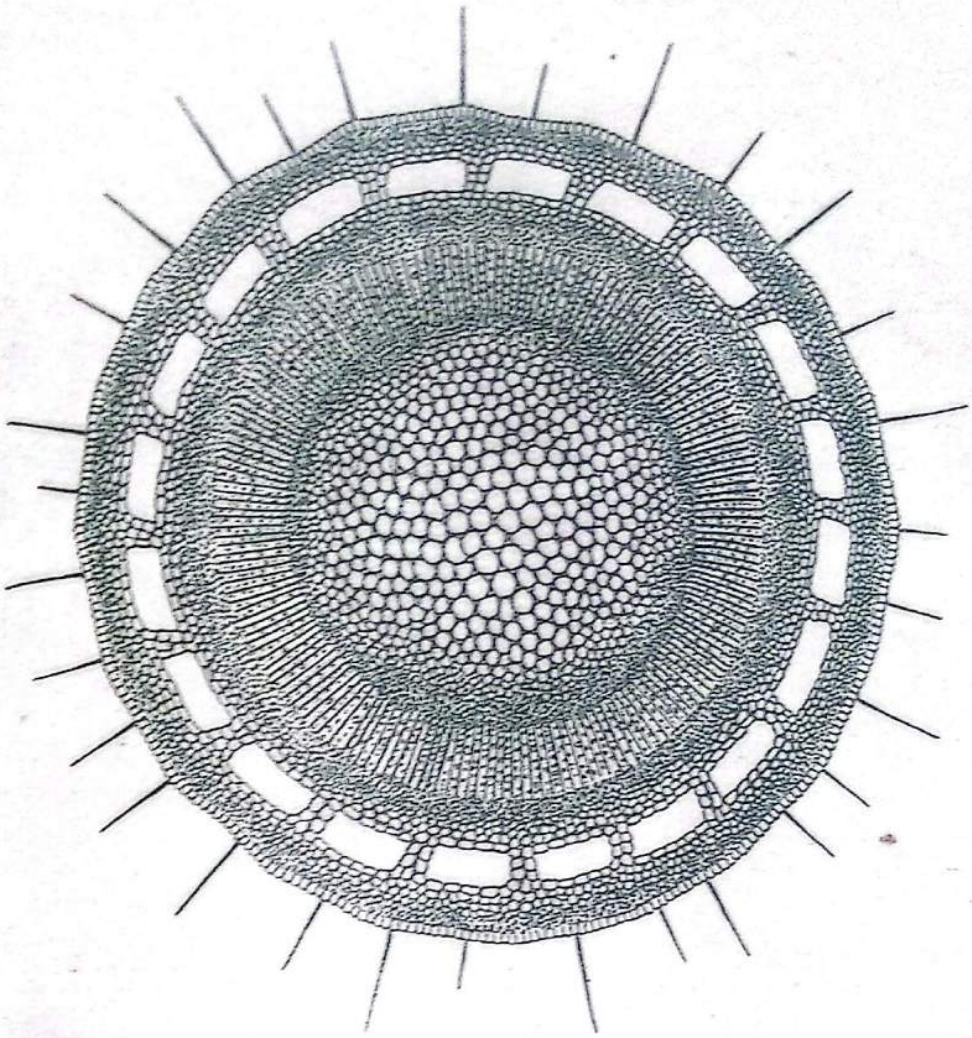
Gambar 85. Skema putjuk batang.

Dalam hidup bakal daun, selandjutnja mula² tumbuhnja muka bawah, lebih tjepat daripada muka atas hingga daun² muda melengkung diatas titik tumbuh. Daun tua menutup daun jang lebih muda. Hal ini perlunja untuk melindungi djaringan² jang lemah.

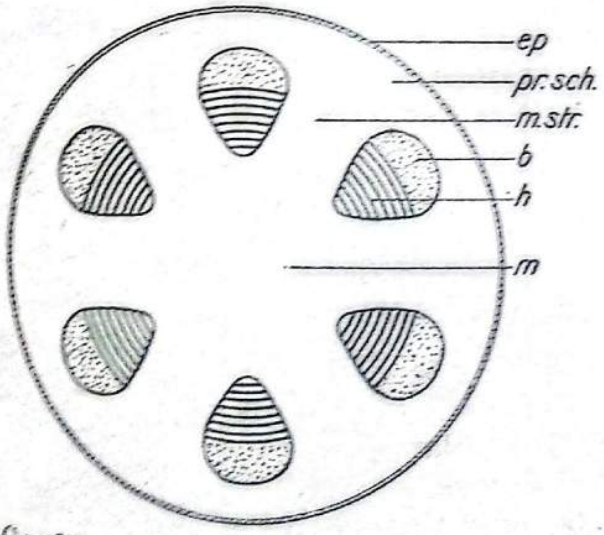
Makin djauh dari putjuk batang, sel² bertambah besar, karena itu, batangnjapun djadi bertambah pandjang dan agak bertambah besar. Bersamaan dengan bertambah besarnja sel² dibelakang, titik tumbuhpun berdifferensiasi dalam beberapa kumpulan menurut tugasnja: dimuka sekali timbul sel² kulit luar; dibawahnja djaringan² parenchym, dari sana kelak timbul ikatan² buluh.

Kulit luar. Kulit luar terdiri dari selapis sel²; antarsel tidak terdapat. Bagian muka biasanja dindingnja lebih tebal, dengan demikian kulit luar melindungi djaringan² dalam jang lebih lembut. Dinding luar, cuticula, diliputi dengan sematjam bahan gabus, jang disebut *cutine*. Cuticula tak dapat kemasukan air dan melindungi batang, agar tidak tjepat kering.

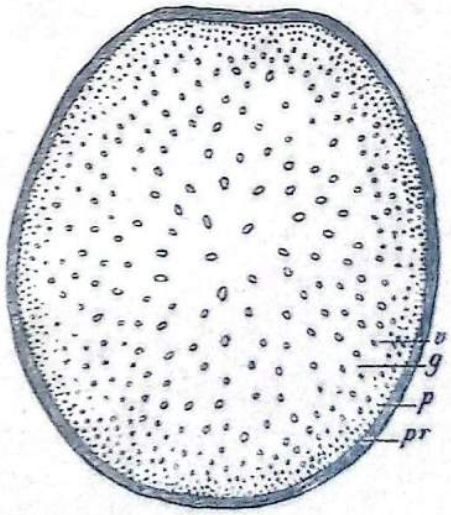
Parenchym. Parenchym berdinding tipis; antar² sel berguna akan pemasukan gas, terutama zat asam jang perlu untuk bernapas.



Gambar 86. Penampang melintang batang Hydrolea spinosa, dengan pipa[2] hawa [1]).



Gambar 87. Skema penampang melintang batang Dicotyl. *ep* kulit luar; *pr sch* kulit pertama; *mstr* djari[2] empulur; *b* bagian kulit kaju; *h* bagian kaju dari ikatan pembuluh; *m* empulur.



Gambar 88. Penampang melintang batang tumbuhan monocotyl (djagung). *v* dan *p* ikatan pembuluh (ditengah jang besar, disisi lebih ketjil); *g* djaringan dasar (parenchym); *pr* kulit pertama.

[1]) Mudah dilihat dengan mata. Tjelupkanlah bagian bawah batangnja kedalam air, dan tiuplah dari atas, maka njata satu pipa.

Kerapkali terdapat djuga rongga² hawa jang lebih besar. Tumbuh-tumbuhan jang kidup pada tanah, jang kurang mengandung zat asam (tanaman air, tanaman rawa, api²) kerapkali mempunjai saluran² hawa pandjang, pembawa zat asam kedalam akar. (Gambar 86).

Dilapisan luar, dibawah kulit luar terdapat djaringan penundjang guna menambah kekuatan tanaman.

Ikatan pembuluh. Pada tumbuh-tumbuhan berbidji terbuka dan Dicotyl, djalannja ikatan pembuluh sedjadjar dengan muka batang. Pada penampang melintang, kelihatannja *dalam lingkaran*, (Gambar 87) bagian kaju menghadap kedalam dan bagian kulit kaju keluar. Djaringan jang letaknja lebih dalam disebut *empulur*, jang ada diarah luar dinamai *kulit pertama*. Djaringan jang menghuburgkan empulur dan kulit pertama disebut *djari² empulur*

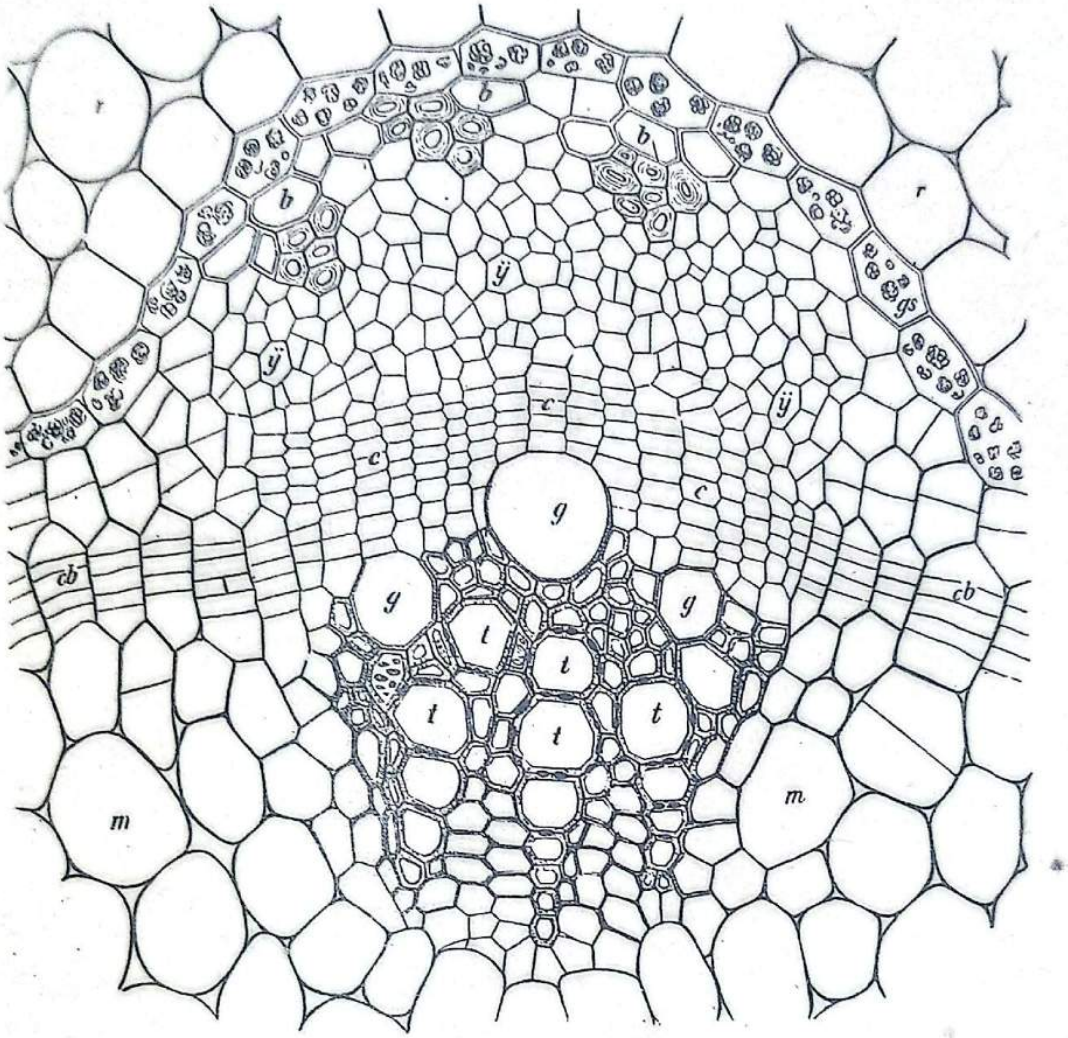
Pada buku² batang, beberapa ikatan pembuluh bertjabang; beberapa tjabang meninggalkan batang menudju tangkai daun, selandjutnja bertjabang dalam helai daun.

Pada Monocotyl djalannja ikatan pembuluh tidak sedjadjar dengan muka batang. Kalau kita ikuti djalannja dari atas kebawah maka akan kelihatan hal² sbb. dari daun, ikatan pembuluh itu menudju tengah² batang, lalu membelok dan dengan djalan serong menudju kemuka batang; makin bawah ikatan pembuluh itu bertambah ketjil. Didalam penampang melintang kelihatan pembuluh² besar, ditengah-tengah batang sedangkan didekat muka batang, ada pembuluh² jang lebih ketjil (Gambar 88). Letak ikatan demikian disebut *tersebar*.

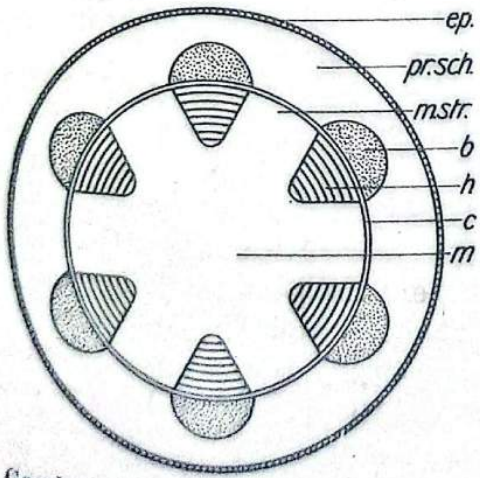
TUMBUH LINGKAR SEKONDER.

1. Tumbuh lingkar sekonder, batang tumbuh-tumbuhan berbidji terbuka dan Dicotyl.

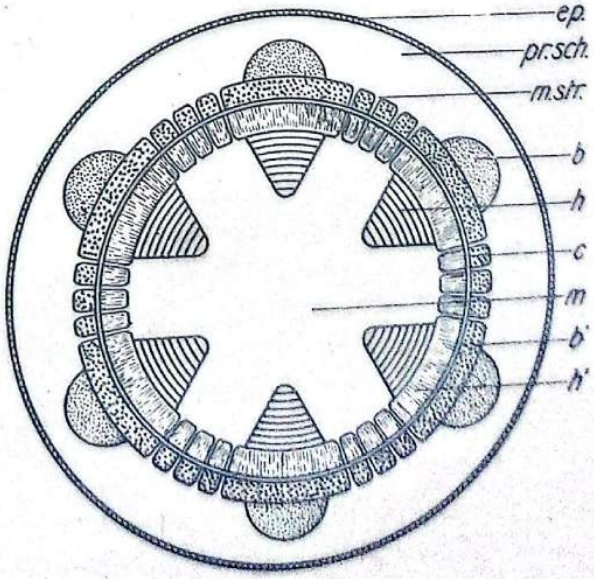
Kambium. Kita telah melihat, bahwa pada tumbuh-tumbuhan berbidji terbuka dan pada Dicotyl, djika dilihat dalam penampang melintang, ikatan² pembuluh, letaknja dalam lingkaran; bagian kaju menghadap kedalam dan bagian kulit kaju menghadap keluar. Pada perbatasan kaju dan kulit kaju terdapat sel² meristematik jang berdinding tipis. Apabila suatu bagian batang telah tjukup tinggi, sel² tsb. membelah (Gambar 89). Dengan demikian terdjadilah dinding² batas, sedjadjar dengan muka batang. Sel² anak ini kemudian tumbuh hingga besarnja sama dengan sel induk. Setelah itu membelah lagi. Didalam djari² empulur beberapa sel membelah pula, lalu menghubungkan diri dengan sel² meristematik dalam ikatan pembuluh, hingga achirnja terdjadilah sebuah lingkaran (dalam penampang melintang) sel² jang selalu membelah



Gambar 89.—Ikatan pembuluh hypocotyl djarak (Ricinus communis). *r* kulit; *m* empulur; *c* sel² membelah diantara bagian kaju dan tapisan; *t* dan *g* buluh kaju; *ij* buluh tapis; *b* serabut kulit kaju; *cb* sel² djari² empulur jang membelah.



Gambar 90. Skema penampang melintang batang pada tumbuh-tumbuhan dicotyl; *ep* epidermis; *pr sch* kulit pertama; *m str* djari² empulur; *b* bagian kulit kaju; *h* bagian kaju dari ikatan pembuluh; *c* kambium; *m* empulur.

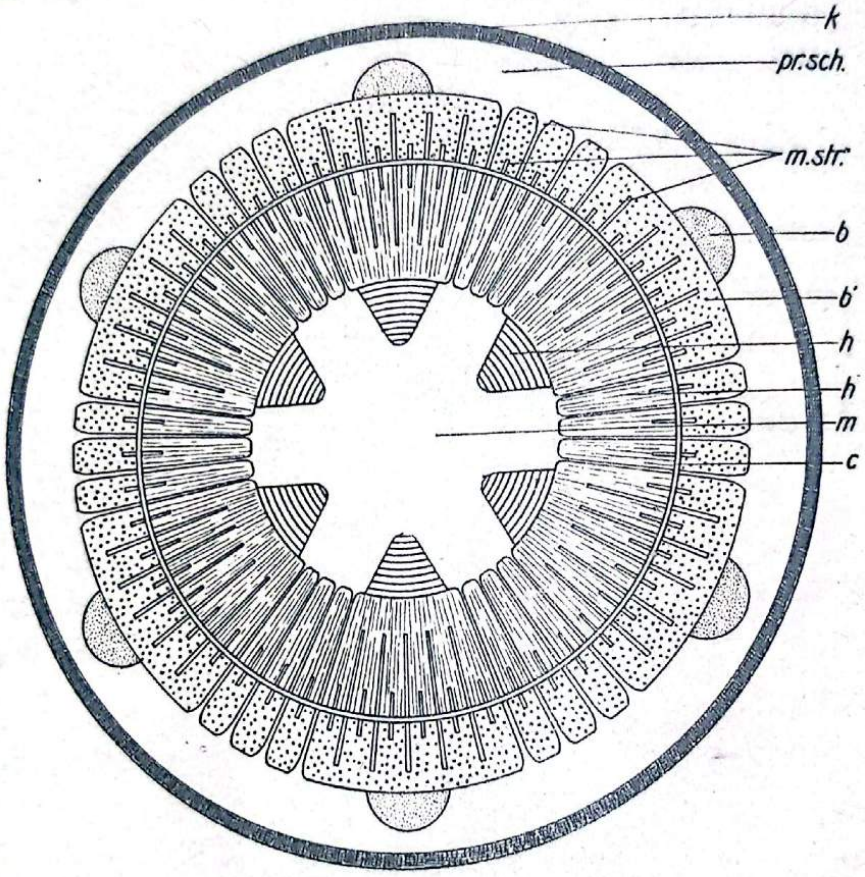


Gambar 91. Batang dari Gambar 90, tetapi lebih tua. *b* kulit kaju sekonder *h* kaju sekonder; *m str* djari² empulur; huruf² lain sama artinja dengan pada Gambar 90.

(Gambar 90). Lingkaran ini sebenarnja sebuah mantel silindris, mantel ini disebut *kambium*.

Sel² jang telah dibangun oleh kambium, lama² mendjadi tua, baik jang ada dibagian luar maupun jang ada dibagian dalam. Sel² diantaranja tetap meristematik dan membelah terus-menerus.

Sel² jang terdjadi dibagian dalam kebanjakan mendjadi *kaju*, jang sebelah luar berubah mendjadi *kulit kaju* (Gambar 91 dan 92).



Gambar 92. Batang dari Gambar 90 dan 91, lebih tua lagi. *k* gabus; huruf lainnja seperti pada Gambar 91.

Karena perbuatan kambium tadi, batang bertambah besar.

Djaringan² jang terdjadi dari kambium, dinamai *djaringan sekonder* (kedua). Dapat djuga dikatakan: kedalam kambium itu membuat kaju kedua, keluar kulit kaju kedua. Tambahan besar sebagai hasil pekerdjaan kambium dinamai *tumbuh lingkar sekonder*.

Kaju sekonder. Kaju sekonder terdiri dari beberapa bahan, jaitu:

1. *buluh kaju*. Buluh ini mengangkut air dan garam² tanah dari akar kedalam daun, djuga mengokohkan batang.
2. *serabut kaju*. Gunanja hanja untuk mengokohkan tanaman.

Tumbuh-tumbuhan berbidji terbuka tak mempunjai buluh² kaju; disini serabut kaju mengangkut air.

3. *parenchym kaju.* Parenchym kaju terdiri dari sel² hidup, letaknja tersebar diantara lain² bagian. Gunanja diantaranja untuk menjimpan makanan tjadangan.

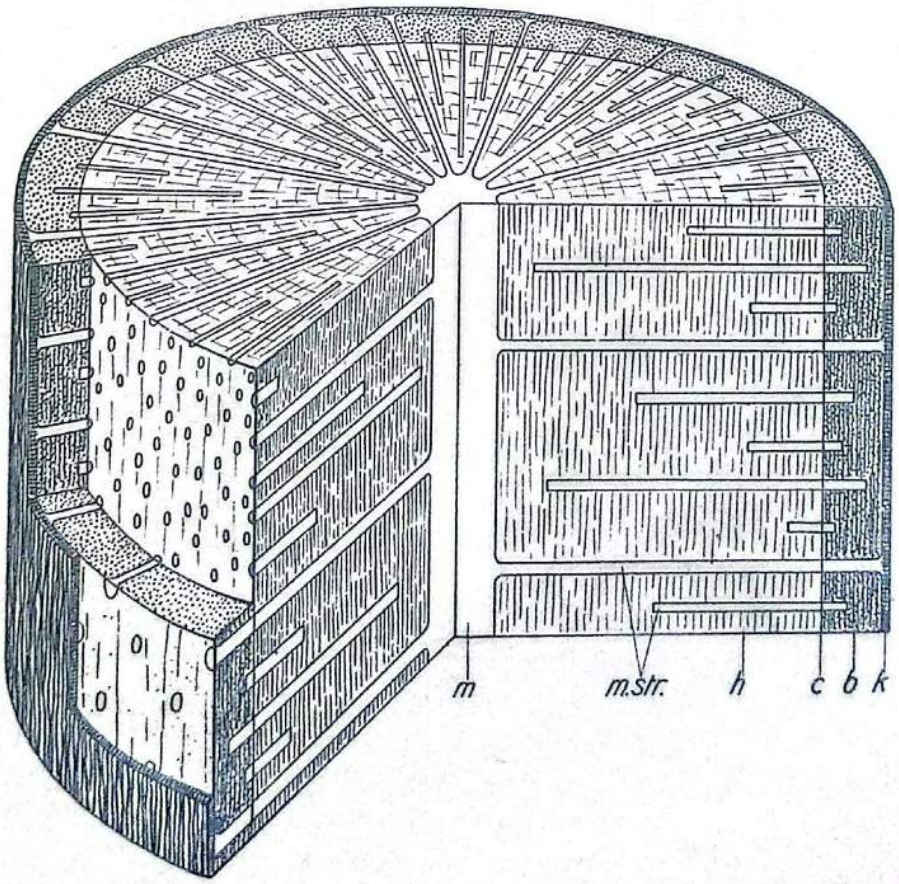
Kulit kaju sekonder. Kulit kaju sekonder terdiri dari:

1. *buluh tapis.* Buluh² ini mengangkut bahan² makanan jang dibuat dalam daun.

2. *djaringan penundjang.* Djaringan ini melindungi djaringan² jang letaknja lebih dalam. Serabut kulit kaju menjebabkan liatnja kulit kaju; selbatu jang keras mendjaga, supaja bagian² jang berdinding tipis tidak terdjepit.

3. *parenchym kulit kaju.* Seperti parenchym kaju djuga gunanja untuk menjimpan bahan² tjadangan.

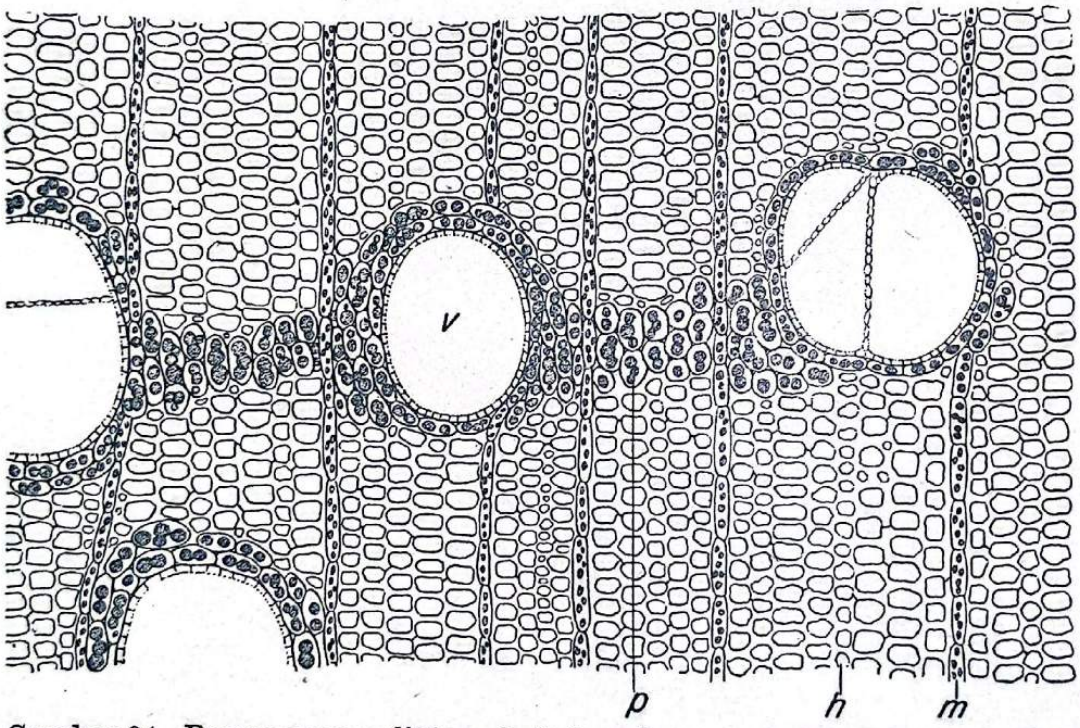
Djari² empulur. Kambium tidak sadja membuat kaju dan kulit kaju sekonder, tetapi disana-sini sebagai penggantinja membuat barisan² datar, terdiri dari sel² hidup. Dalam penampang melintang kelihatannja seperti djari² sempit (Gambar 92) biasanja lebih tinggi dari lebar (Gambar 93).



Gambar 93. Skema bagian batang. *m* empulur; *m str* djari² empulur; *h* kaju sekonder; *c* kambium; *b* kulit kaju kedua; *k* gabus. Kulit pertama terdjepit dan terpetjah, karena itu tidak kelihatan lagi.

Djari² tersebut namanja *djari² empulur* (hubungan antara empulur dengan kulit pertama). Kalau djari² ini terdjadi pada permulaan tumbuh lingkar, djalannja dari empulur hingga muka batang; tetapi djika terdjadinja diwaktu jang lebih achir, jakni setelah kambium terpisah dari muka batang dan terpisah dari tengah² oleh lapisan kaju, djari² ini baik kedalam maupun keluar tidak djauh djalannja.

Djari² empulur dihubungkan satu dengan jang lain oleh barisan² parenchym kaju (Gambar 94); *djari² empulur dan parenchym kaju merupakan tenunan sel² hidup, didalam bagian² kaju lainnja jang telah mati.* Gunanja untuk mengangkut bahan² keberbagai djurusan, mendjadi pula tempat makanan tjadangan.



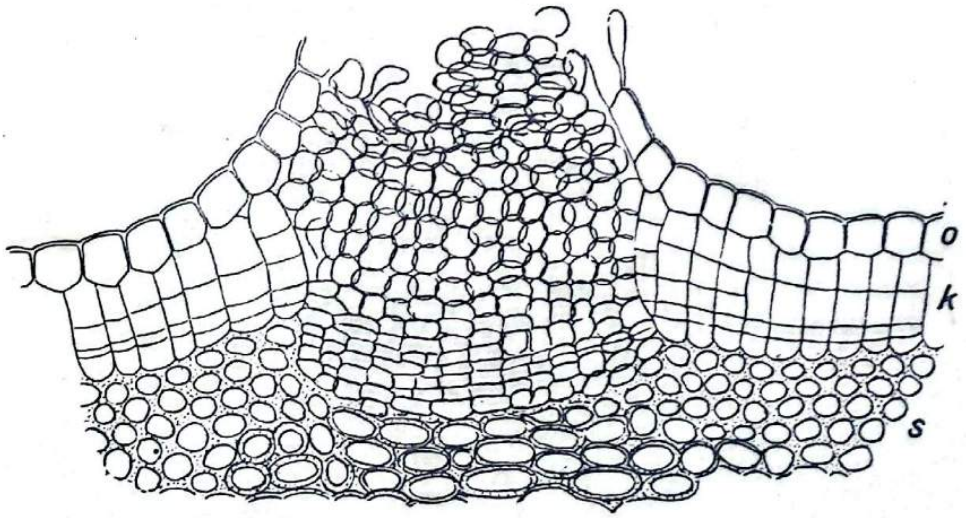
Gambar 94. Penampang melintang kaju kapulasan. *v* buluh kaju; *h* serabut kaju; *p* parenchym kaju; *m* djari² empulur.

Gabus. Sebagai akibat tumbuh lingkar, muka batang meregang demikian rupa, hingga kulit luarnja petjah. Untuk melindungi lapisan² dalam, dibawah muka batang terdjadilah kambium kedua (sekonder) jang membuat gabus (Gambar 92, 93 dan 95), disebutnja *kambium gabus.*

Gabus terdiri dari sel² mati; dindingnja mengandung bahan gabus, sehingga tidak melalukan air. Gabus mendjaga supaja tidak terlampau banjak air jang menguap. Karena tidak ada antarsel², gas²pun sukar melaluinja. Untuk memenuhi keperluan pertukaran gas, ada beberapa bagian ketjil dari kambium gabus jang tidak membuat gabus biasa tetapi sebuah djaringan lain; sel² djaringan itu mendjadi bulat dan djuga terlepas satu sama lain,

hingga timbullah sela² (Gambar 95). Kumpulan sel² ini dinamai *lentisel*, pada muka tjabang² jang belum terlampau tua kelihatan djelas sebagai bintil². Oleh karena dibawah lentisel ini, terletak kambium gabus jang bersela (sebagaimana halnja dengan lentisel), ditempat-tempat ini gas dapat masuk dan keluar.

Lingkaran tahun. Didaerah-daerah jang bermusim tegas (musim hudjan dan musim kering didaerah chatulistiwa, musim panas dan musim dingin didaerah setengah dingin) djalannja tumbuh-lingkar sepandjang tahun tidak rata. Beberapa matjam pohon misalnja pohon djati, daunnja gugur pada permulaan musim kering, jakni guna membatasi penguapan air. Setelah itu tibalah saat beristirahat; dalam saat ini tumbuh lingkar tidak terdjadi. Pada permulaan musim hudjan banjak air diperlukan untuk menumbuhkan daun, maka kambium lalu membuat buluh kaju jang lebar. Kemudian dibuatnja jang lebih sempit, dan achirnja, pada



Gambar 95. Penampang sebuah lentisel. *o* kulit luar; *k* kambium gabus; *s* kulit.

achir musim hudjan, kambium membuat buluh² kaju jang amat sempit. Setelah itu tumbuh lingkar berhenti lagi. Dengan demikian terdapatlah batas² jang tegas pada penampang batang; batas² ini disebut *batas tahun*. Diantara dua batas tahun terdapat sebuah *lingkaran tahun*, terdiri dari kaju kaju jang terdjadi dalam satu masa tumbuh.

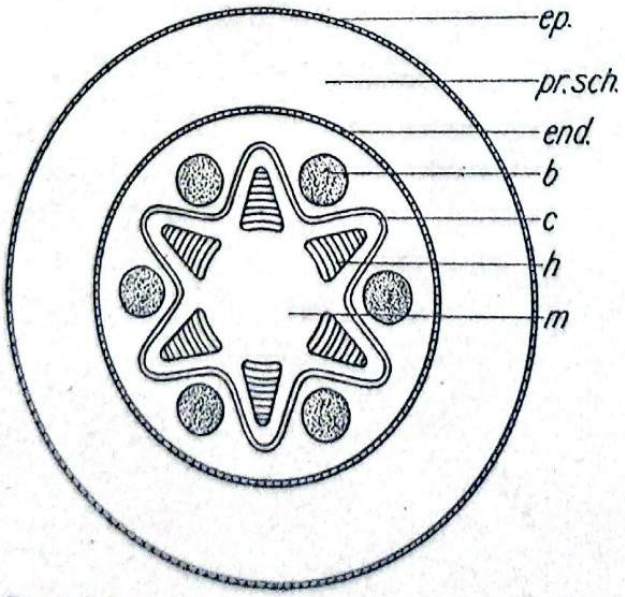
Karena tiap² tahun, biasanja dibuatnja sebuah lingkaran tahun, maka pada penampang batang, umurnja pohon dapat diketahui. Diwaktu muda lingkaran² tahun itu biasanja lebih lebar daripada setelah tua, dengan lain perkataan: tambahan besar itu makin lama makin sedikit.

Galih dan suban. Pada kebanjakan pohon didalam kajunja terdapat dua bagian: bagian dalam jang berwarna tua, disebut *galih*, dan bagian luar jang berwarna muda, disebut *suban*. Galih tak berisi lagi elemen² jang hidup, mengandung bahan² pengawet, jang berwarna tua, tak lagi mengangkut air, gunanja hanja untuk memperkokoh tanaman. Suban — terutama bagian jang paling muda — mengurus pengangkutan air.

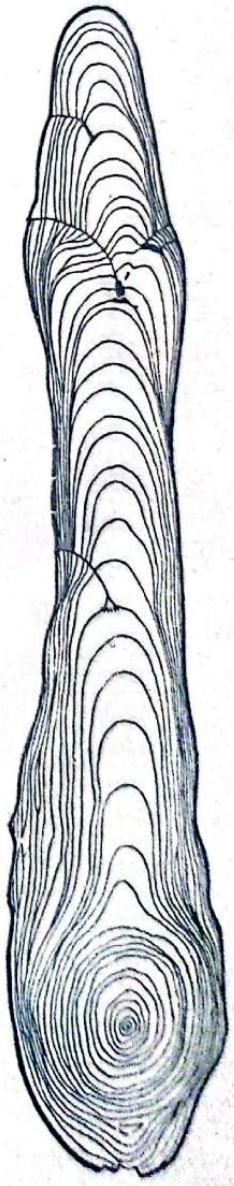
Tumbuh lingkar sekonder pada akar tumbuh-tumbuhan berbidji terbuka dan Dicotyl.

Pada golongan jang tersebut diatas, didalam akar djuga terdjadi kambium, jaitu didalam parenchym dari silinder pusat, diantara ikatan² pembuluh kaju dan kulit kaju (Gambar 96). *Ikatan pembuluh kaju ada didalam dan ikatan kulit kaju diluar kambium.* Mula² kambium itu didalam penampang melintang merupakan lingkaran jang berombak. Lambat laun lingkaran itu mendjadi bundar, hingga achirnja penampang akar itu gambarnja sama dengan penampang batang.

Tambahan: Baik pada akar, maupun pada batang, tumbuh lingkar itu mungkin berat sebelah. Tjabang jang rata biasanja dibagian atas lebih banjak membuat kaju daripada dibawah, hingga empulur letaknja mendjadi eksentrik. Bentuknja akar papan pandjang dan terdjepit kesisi, hal ini akibat tumbuh besar sesisi (Gambar 97).



Gambar 96. Skema kambium akar tumbuh-tumbuhan dicotyl. *ep* epidermis; *pr sch* kulit pertama; *end* endodermis; *b* ikatan kulit kaju; *c* kambium; *h* ikatan kaju; *m* empulur.



Gambar 97. Penampang akar papan.

Tumbuh lingkar pada tumbuhan berkeping tunggal.

Tumbuh lingkar sekonder pada kebanjakan Monocotyl tidak ada (setelah mentjapai maksimum besarnja), baik pada akarnja maupun pada batangnja. Besarnja batang² palem disebabkan karena titik tumbuhnja amat luas; dengan lain perkataan, batang itu besar dari mulai hidupnja. Tidak lama setelah ketjambah keluar dari bidjinja, banjaknja sel² titik tumbuh bertambah besar karena pembelahan. Bersamaan dengan tuanja sel² itu, batangnjapun sampai kepada maksimum besarnja.

Ada djuga matjam palem² jang batangnja bertambah besar setelah tua, misalnja palem radja dasar batangnja mendjadi besar. Hal ini bukan karena pekerdjaannja kambium, tetapi karena perbelahan sel² didalam parenchym diseluruh penampang batang.

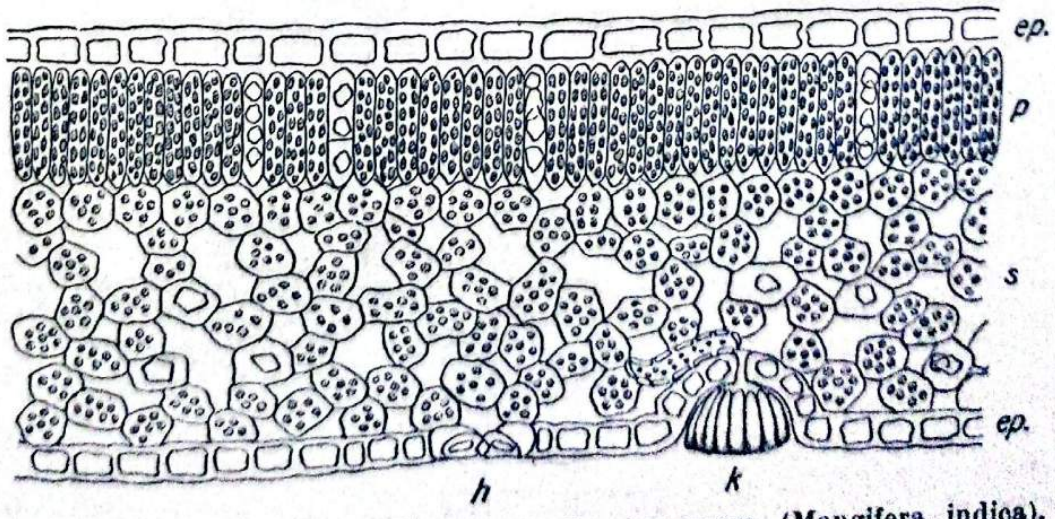
DAUN.

Didalam daun (Gambar 98) djuga terdapat djaringan² jang ada didalam batang, jakni *kulit luar*, *parenchym* dan *ikatan pembuluh*.

Tangkai daun bentuknja hampir sama dengan batang, jakni bentuk dan susunan berbagai djaringan, dalam dasarnja sama.

Lembaran daun dapat dianggap sebagai bagian batang jang rata. Bentuk demikian itu mempunjai hubungan dengan pekerdjaannja. Gunanja daun ialah:

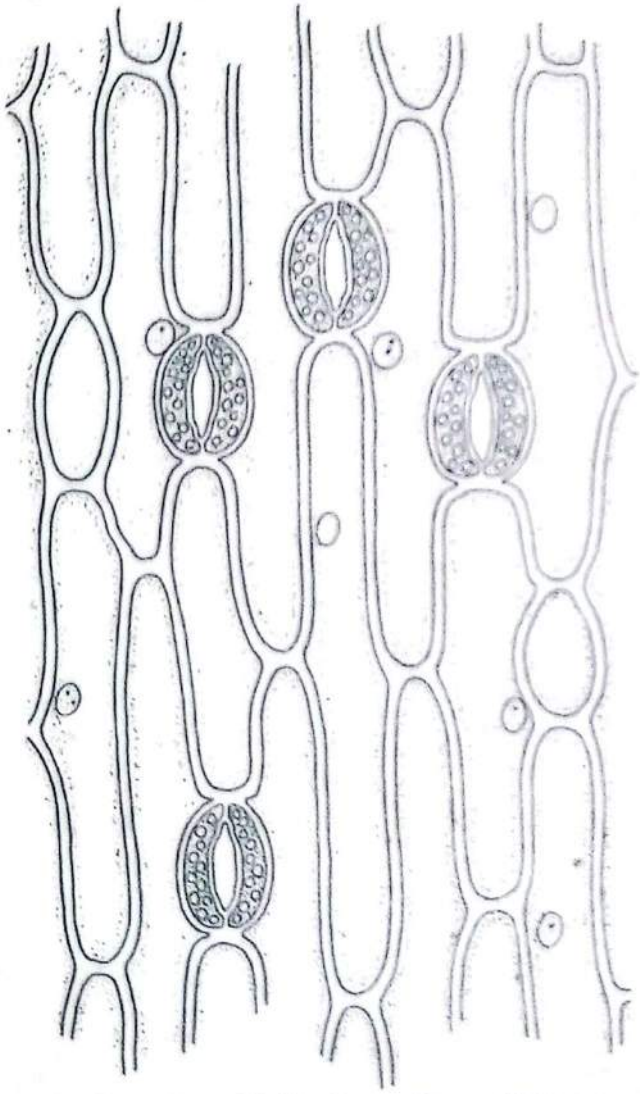
1. untuk *penguapan;* karena bentuknja rata, djadi luas, penguapan lebih banjak.
2. untuk mengubah persenjawaan² anorganik mendjadi organik, misalnja gula dan tepung. Untuk proses ini harus ada tjahaja



Gambar 98. Penampang melintang daun mangga (Mangifera indica). *ep* kulit luar; *p* djaringan tiang; djaringan bunga karang (spons); *h* mulut daun; *k* kelendjar.

matahari. Karena daun itu luas, dapat menerima tjahaja matahari banjak.

Kulit luar. Kulit luar daun pada hakekatnja sama gunanja dengan kulit luar batang. Dinding luar jang tebal gunanja untuk mengokohkan. Selapis cuticula mendjaga agar penguapan tidak terlampau banjak. Kebanjakan daun, kulit luarnja setebal satu sel.



Gambar 99. Kulit luar daun Bakung-selaput (Hymenocallis littoralis) dengan mulut kulit dan inti-sel.

Apabila epidermis ini terdiri dari beberapa lapis sel, gunanja untuk persediaan air (Ficus).

Sel[s] kulit luar tak berhidjau daun (ketjuali paku[s]); dengan demikian sinar matahari dengan mudah masuk kedalam lapisan[s] dalam. Dimuka bawah daun, terdapat tjelah[s] didalam kulit luar; lubang[s] ini disebut *mulut kulit* (Gambar 99). Kadang[s] mulut kulit ini, terdapat pada kedua muka daun, djarang pada muka atas

(hanja pada tumbuh-tumbuhan air jang daunnja terapung). Mulut kulit menghubungkan antar² sel didalam daun dengan dunia luar. Mulut ini dibatasi dengan dua buah sel jang bentuknja aneh; sel² ini dinamai *sel² penutup*. Sel² tsb. dapat mengubah bentuknja demikian rupa, hingga karenanja mulut kulit dapat dibuka atau ditutup. Tjara bagaimana membuka dan menutupnja, akan diuraikan dilain bagian.

Parenchym. Didalam parenchym mesophyl terdapat dua bagian:
1. *djaringan pagar* dibagian atas,
2. *djaringan bunga karang* (spons) dibawah.

Djaringan pagar terdiri dari sel² silindris jang mengandung banjak hidjau daun. Antarsel² ketjil gunanja untuk pertukaran gas. Djaringan ini terutama mengurus pembuatan bahan² organik.

Sel² djaringan bunga karang, agak bulat dan tak banjak mengandung hidjau daun. Antarsel²nja besar, mengurus pertukaran gas. Sel² ini masing² berhubungan, sedangkan mulut² kulit jang menghubungkannja dengan dunia luar. Djaringan ini memungkinkan pertukaran gas² (carbondioxyde dan zat asam) dengan udara luar. Tambahan pula penguapan air dari antarsel² dan mulut kulit lebih tjepat. Warna muda pada muka bawah daun disebabkan terutama oleh antarsel².

Ikatan pembuluh. Ikatan pembuluh terdapat didalam tulang daun, bertjabang banjak; dibeberapa tempat tjabang² ini berhubungan merupakan sebuah djala². Diseluruh daun terdapat pipa² ketjil, jang mengurus pengangkutan air dan bahan² organik jang dibuat didalam daun untuk disiarkan kebagian-bagian lain.

PHYSIOLOGI

Physiologi atau ilmu faal tubuh mempeladjari *pekerdjaan tiap² bagian machluk hidup*. Pekerdjaan ini diantaranja ialah:

I. **Pertukaran zat,** jakni pengisapan, pengubahan dan pengeluaran zat².

II. **Tumbuh,** jaitu bertambah besarnja dan perubahan bentuk tiap² bagian.

III. **Gerak;** banjak tumbuh-tumbuhan jang tidak sempurna, dapat berpindah-pindah; demikian pula tumbuh-tumbuhan jang terikat pada sesuatu tempat, dapat bergerak; (mengadakan gerakan), misalnja membuka daunnja, melengkungkan batangnja kearah sinar matahari dsb.

IV. **Pembiakan;** karena banjak kesatuan² jang mati, haruslah dibuat jang baru untuk menegakkan turunannja.

I. PERTUKARAN ZAT

A. BAHAN² MAKANAN.

Analisis kimia. Untuk menetapkan, makanan apa jang dibutuhkan oleh sesuatu tumbuh-tumbuhan, hendaklah diketahui lebih dahulu susunan kimia tumbuh-tumbuhan itu. Hal ini dapat diketahui dengan analisis kimia: tumbuh-tumbuhan jang akan diperiksa, dikeringkan dalam 110° C, kemudian dibakar; gas² dan abu jang menguap diselidiki.

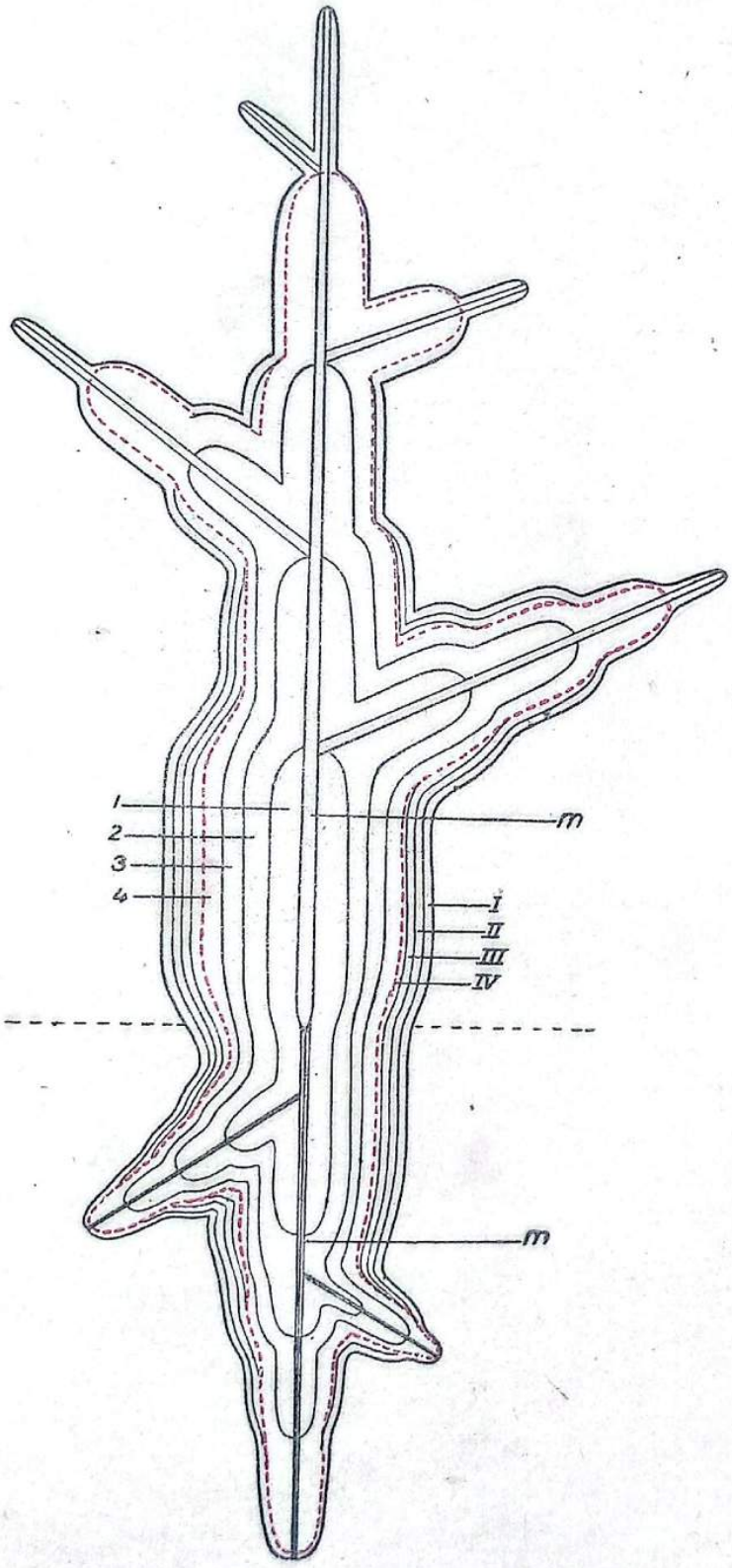
Dari analisis² jang telah dilakukan ternjata, bahwa pada tiap² tumbuh-tumbuhan terdapat C, H, O, N, S, P, Cl, Si, K, Ca, Na, Mg dan Fe; terdapat pula unsur² lain, tetapi sedikit sekali umpamanja B, Cu, dan Mn.

Pertanaman dalam air. Unsur² (elemen) tersebut diisapnja dari sekitar tumbuh-tumbuhan. Dalam hal ini timbullah pertanjaan:

1. Apakah semua unsur jang diketemukan dalam analisis itu dibutuhkan?
2. Unsur manakah jang diisap akar tanaman dari dalam tanah dan jang mana diisap oleh bagian² jang ada diatas tanah dari udara?
3. Dalam bentuk apakah unsur² itu diisapnja?

Untuk mendjawab pertanjaan ini, dibuatlah ,,pertanaman dalam air'' (Gambar 100).

Dalam air suling ditjairkan beberapa persenjawaan jang mengandung unsur² tersebut. Kemudian didjaga supaja banjaknja bahan² jang ditjairkan tidak lebih dari 3 à 4 ‰ dari banjaknja air. Kepekat-



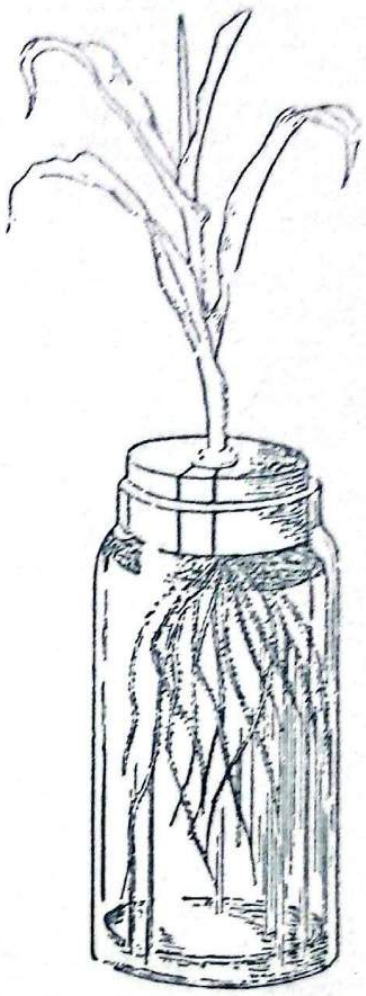
Schema penampang memandjang sebuah tanaman dengan tumbuh lingkar sekonder. Titik² datar = dasar; dibawahnja: akar; diatasnja: batang. *m* = empulur; 1—4 lapisan² kaju; I—IV lapisan² kulit; titik² merah = kambium.

an jang lebih besar dapat merugikan tumbuh-tumbuhan.

Isilah sebuah setopples dengan tjairan itu dan tanamkanlah sebatang ketjambah dengan tjermat, hingga akarnja dapat tumbuh dengan bebas didalamnja. Dalam keadaan demikian tumbuh-tumbuhan akan hidup subur, bahkan akan berbuah.

Kemudian diulangilah pertjobaan ini memakai tjairan² lain dengan mengurangkan salah suatu unsur. Dengan djalan demikian dapatlah diketahui, perlu tidaknja masing² unsur itu, dengan lain perkataan: dapatlah unsur itu dihilangkan dengan tidak merugikan hidupnja tanaman. Kebanjakan tumbuh-tumbuhan dapat hidup subur dalam tjairan berikut:

H_2O	1000
KNO_3	1
$CaSO_4$	0,5
$MgSO_4$	0,5
$Ca_3(PO_4)_2$	0,25
$Fe_3(PO_4)_2$	0,25
B, Cu, Mn	amat sedikit dalam persenjawaan.



Gambar 100. Pertanaman djagung didalam air.

Pertama-tama akan ternjata, bahwa bahan jang mengandung C tidak diperlukan dalam tjairan makanan. Meskipun demikian sedjumlah besar C diisap djuga oleh tanaman, tetapi bukan dengan akarnja dari dalam tanah, tetapi sebagai CO_2 dengan bagian² diatas tanah, dari udara. Hal ini terbukti, djika tanaman itu ditutup dalam ruangan tertutup dan dimasukkan kedalamnja udara jang tidak mengandung CO_2. Tanaman itu akan terhenti tumbuhnja. Dengan menambahkan suatu persenjawaan C kedalam tjairan makananpun tidak akan memberi hasil.

Ketjuali zat arang, didalam tjairan jang tertjantum diatas itu, Cl pun tiada terdapat, demikian pula Si dan Na; kebanjakan tumbuh-tumbuhan dapat hidup dengan tidak memakai unsur ini, walaupun dalam keadaan biasa diisapnja djuga. Apabila kita simpulkan hasil pertjobaan² jang tersebut diatas ini, maka njatalah bahwa *tigabelas unsur tak dapat dikurangkan*, jakni:

C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, B, Cu dan Mn.

Hanja C-lah jang diisap dari udara oleh bagian² diatas tanah, sebagai CO_2, unsur lainnja diisap oleh akar dari dalam tanah. H dan O diisap sebagai air, jang lain sebagai tjairan garam.

Kalau salah suatu unsur tidak ada atau tidak terdapat dalam bentuk jang diperlukan, maka tidak mungkin tanaman itu hidup subur. Njatalah bahwa hydrat arang tidak dapat terbentuk dengan tidak ada C, H dan O; guna membuat zat protein diperlukan pula N, S dan kerapkali djuga P. Apabila diberi K tetapi Ca tidak, K itu djadi berbisa. Mg ialah salahsuatu bahan untuk membentuk chlorophyl; Fe tak dapat dilupakan dalam pembentukan hidjau daun, meskipun hidjau daun itu tidak mengandung Fe. Tumbuh-tumbuhan jang kurang Fe rupanja putjat (*chlorotik*); kalau padanja diberikan sedikit dari persenjawaan Fe, maka segeralah tumbuh-tumbuhan itu djadi lebih baik. Agaknja Fe itu bekerdja sebagai katalisator dalam pembangunan hidjau daun.

Tumbuhan autotroph dan heterotroph. Tentang bahan² makanan jang telah diuraikan, mengenai hanja tumbuh-tumbuhan jang berhidjau daun sadja. Tumbuh-tumbuhan ini untuk hidup tjukup memakai persenjawaan² anorganik sadja; disebutnja *autotroph* (autos = sendiri; trophein = makan), karena urusan makanannja *tidak bergantung langsung dari organisme lain.*

Sebaliknja terdapat pula tumbuh-tumbuhan jang tidak berhidjau daun, jang pada umumnja tidak dapat mengubah CO_2 dari udara. Tumbuh-tumbuhan demikian dinamai tumbuhan *heterotroph* (heteros = jang lain); mengenai makanan C-nja, tergantung kepada persenjawaan C organik. Kalau hendak ditanam diatas sebuah alas makanan, (pembenihan) haruslah dibubuhi suatu persenjawaan arang organik, misalnja gula.

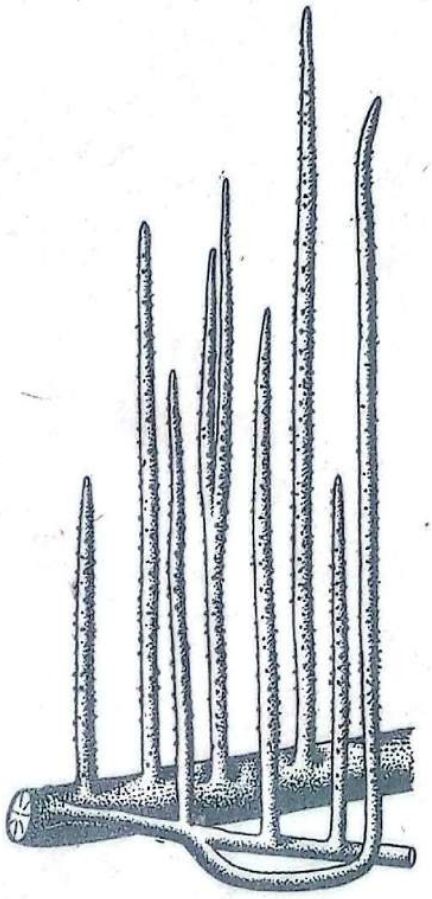
B. PENGISAPAN AIR DAN GARAM TANAH.

Tanah. Tumbuhan jang tidak sempurna, mempergunakan seluruh tubuhnja untuk mengisap air dan garam tanah; sedang tumbuhan jang sempurna mengisapnja dengan akarnja dari tanah lapisan atas.

Air jang ada disini biasanja air hudjan. Sebagian air ini meresap kebawah dan tak dapat diisap oleh akar tumbuhan. Sebagian lagi tertahan ditanah lapisan atas. Disini air itu meliputi bagian² tanah, mengisi ruang² ketjil diantara bagian² itu, sedangkan ruang² besar djuga berisi udara. Jang tersebut belakangan ini amat penting bagi tanaman, karena *akar tak dapat mengisap air, djika tidak ada zat asam.* Kalau tidak ada hawa didalam tanah (misalnja dirawa), tumbuhan itu harus mempunjai pipa² hawa atau rongga hawa lain untuk mengangkut zat asam dari bagian jang ada diatas tanah kedalam akar.

Beberapa matjam tanaman, memasukkan hawa itu dengan *akar napas*, jang mendjulang diatas tanah (Gambar 101), umpamanja tanaman api² (bakau²). Akar napas ini mempunjai banjak lentisel² didalam kulitnja; lentisel² ini, memasukkan hawa dan berhubungan dengan djaringan dalam jang terlepas dan berongga-rongga. Dengan melalui akar napas, hawa itu dapat masuk kedalam akar biasa.

Beberapa zat², jang terdapat dalam tanah, dapatlarut didalam air; dengan demikian air tanah itu bukan lagi air hudjan jang tidak tertjampur, melainkan *tjairan entjer* dari berbagai-bagai bahan². Dari bahan² ini tanaman dapat memilih jang perlu untuk makanannja.



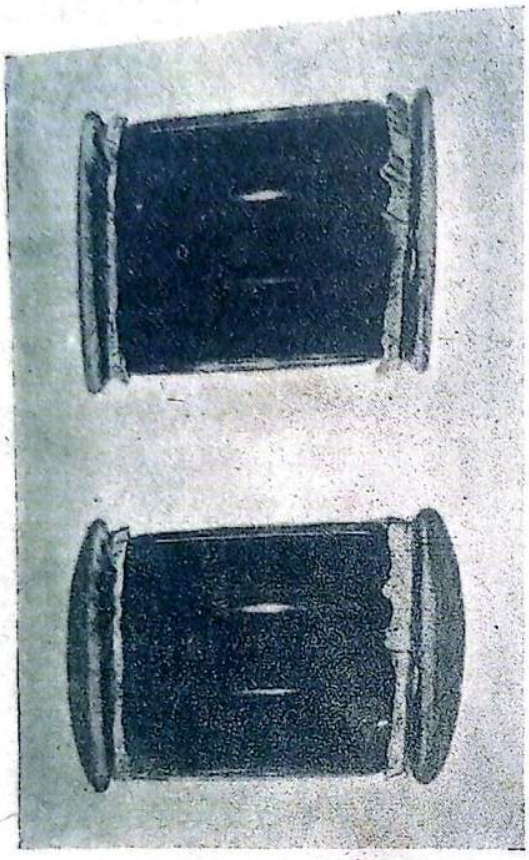
Gambar 101. Avicennia; akar napas.

Akar membantu mentjairkan berbagai-bagai bahan dari dalam tanah. Dalam pernapasan akar mengeluarkan CO_2; CO_2 dengan air mendjadi H_2CO_3, jang sebagai djuga asam lainnja, bersifat mentjairkan. Sebuah akar jang tumbuh diatas batu marmer ($CaCO_3$), meninggalkan bekas diatas marmer itu, karena asam jang keluar dari dalam akar, mengubah $CaCO_3$.

Pengisapan air. Pertjobaan² dengan pertanaman didalam air membuktikan, bahwa bukan sadja air, tetapi djuga bahan² jang tertjair diisap oleh tumbuhan. Tjara pengisapan air itu sbb.:

Karena adanja lapisan kaju gabus, muka akar sebagian besar, tak dapat dimasuki air; hanja bagian² jang masih muda, terutama bulu² akar jang terdiri dari sebuah sel mengisap air. Meskipun tanah mentjoba menahan air (adhaesi, adsorpsi), namun bulu² akar dapat merebut sebagian dari air itu. Dalam hal ini dua proses memegang rol penting, jakni: 1. *imbibisi* dan 2. *osmosa*.

Imbibisi. *Imbibisi* adalah daja dindingsel dan protoplasma untuk mengambil air dari luar. Dalam hal ini dibajangkan bahwa molekul² air ada diantara molekul² dindingsel dan djuga diantara molekul² protoplast. Karena itu dindingsel dan protoplast menggelembunglah; air jang diisapnja disebut air *imbibisi*. Kalau air ini keluar, maka isi dindingsel dan protoplast mendjadi ketjil lagi.



Gambar 102. Diatas: pipa berisi tjairan gula.
Dibawah: setelah 24 djam didalam air.

Osmosa. Proses ini dapat dinjatakan dengan beberapa pertjobaan:

a. Sebuah pipa katja jang tjukup besar, diisi dengan tjairan gula, ditutup dengan kertas kulit, lalu ditjelupkan kedalam air. Setelah beberapa lama, kulit itu menggelembung keluar, menandakan ada *air masuk kedalam pipa* (Gambar 102).

b. Apabila pipa tadi ditjelupkan dalam tjairan jang lebih entjer dari tjairan gula didalam pipa, maka terdjadilah pula perembesan seperti dalam *a*. *Perembesan berlaku dari tjairan jang lebih lemah kedalam tjairan jang lebih keras*. Kedjadian ini dinamai *osmosa*. Menggelembungnja kertas kulit keluar, menandakan bahwa tjairan dalam pipa itu memberi tekanan: tekanan ini disebut *tekanan osmotik*.

c. Apabila pertjobaan[2] *a* dan *b* berlaku agak lama, permukaan kulit mendjadi rata kembali, tjairan didalam dan diluar pipa djadi sama pekatnja. Hal ini menjatakan bukan air sadja, tetapi gulapun merembes melalui kertas kulit.

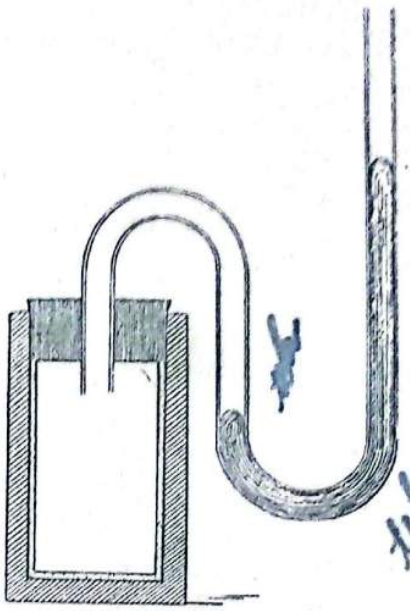
Ada djuga beberapa matjam selaput jang mudah memasukkan air, tetapi sukar memasukkan benda jang tertjair. Selaput demikian disebut *semi-permeable*. Kalau misalnja kedua tjairan itu, terdiri dari terusi dan „geelbloedloogzout" $K_4Fe(CN)_6$, timbullah *selaput endapan* jang terdiri dari ferrocyaankoper. Selaput ini semi-permeable [1]).

Pfeffer berhasil mengendapkan selaput ini pada dinding dalam

---

[1]) Mudah dibuktikan ja'ni dengan mentjelupkan sebuah kristal geelbloedloogzout dalam tjairan terusi jang entjer (tjair). Disekeliling kristal timbullah selapis ferrocyaankoper. Didalamnja terdapat tjairan kental dari geelbloedloogzout jang mengisap air terusi, hingga selaput ferrocyaankoper petjahlah. Tetapi segera terdjadi selaput baru, karena kedua tjairan masing² berhubungan. Demikianlah selandjutnja, hingga semua geelbloedloogzout hantjur sama sekali.

dari sebuah pot tanah[1]). Pot itu mudah memasukkan air, maupun benda[2] jang tertjair (permeable); gunanja hanja untuk meneguhkan selaput endapan. Alat ini terkenal dengan nama „*sel Pfeffer*" dapat dipergunakan untuk mengukur tekanan osmotik dari suatu tjairan dibandingkan dengan air. Sel Pfeffer ini ditutup dan dipasangi sebuah manometer (Gambar 103). Setelah diisi dengan tjairan gula, ditjelupkannja dalam air. Besarnja tekanan dapat dilihat dalam manometer. Kalau kita mengukur tekanan osmotik tjairan[2] jang berbeda konsentrasinja, maka akan ternjata bahwa besarnja *tekanan osmotik berbanding dengan kepekatannja*.



Gambar 103. Skema sel Pfeffer. Jang digaris-garis ialah pot dari tanah; pada dinding dalam digambarkan selaput endap.

d. Sel Pfeffer dapat djuga ditjelupkan dalam tjairan KNO_3. Apa jang akan terdjadi, bergantung kepada kerasnja kedua tjairan itu: apabila ada air meresap kedalam, hal ini menundjukkan bahwa tjairan gula osmotik lebih kuat, atau *hypertonik*. Sebaliknja djika ada air keluar, tjairan gula ini *hypotonik*. Apabila air jang keluar dan kedalam sama banjaknja, kedua tjairan itu disebut *isotonik* atau *isosmotik*.

Osmosa dalam sel. Sel hidup dapat diumpamakan dalam beberapa hal sebagai sebuah sel Pfeffer. Air sel ialah tjairan dari berbagai-bagai benda (garam, asam, gula dll.); **protoplast berlaku sebagai dinding jang semipermeable** (setengah tembus tjairan). Dinding sel melalukan air maupun benda[2] tertjair. Kemudian sel itu akan menarik air dari sekitarnja, apabila ada tjairan jang hypotonis berbandingan dengan air sel.

Akibat pengisapan air ini, sel itu mendjadi besar (menggelembung); protoplast dan dinding sel mereganglah. Protoplast tidak menahan peregangan ini, tetapi tidak demikian halnja dengan dinding sel. Dinding sel itu kenjal dan memberi *tekanan sebaliknja* kepada isi sel. Makin bertambah besar sel itu, bertambah pulalah tekanan dinding sel. Achirnja terdapatlah keseimbangan, dalam hal ini air jang keluar karena tekanan dinding sel, sama banjaknja dengan air jang masuk karena osmosa.

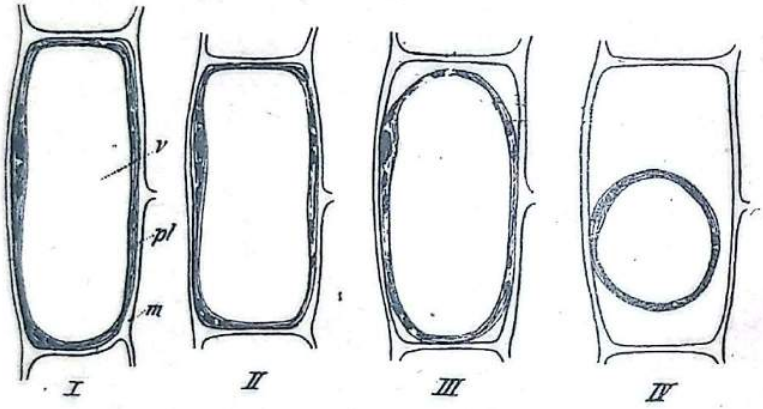
---

[1]) Untuk memudahkan, disini disebutkan bahwa selaput endap itu terdapat disebelah dalam pot tanah; sebenarnja pada pori[1].

Turgor. Keadaan ketegangan jang timbul antara dinding sel dan isi sel, setelah sel mengisap air, namanja *turgor*. Suatu sel jang mempunjai turgor jang tertentu, namanja *turgescent*. Sebuah sel jang turgescent mempunjai kekuatan jang tertentu, sebagaimana halnja dengan sebuah ban sepeda, jang mendjadi kuat karena dipompa.

Demikian pula halnja sebuah djaringan jang terdiri dari sel² jang turgescent mempunjai kekuatan jang tertentu. Kekuatan ini disebut *tegangan djaringan*. Tegangan djaringan ini berkurang, apabila ada air keluar, misalnja karena menguap: bagian tumbuh-tumbuhan jang tak mempunjai djaringan penundjang, mendjadi laju karena kekurangan air.

Plasmolysa. Apabila kita menjelupkan sebuah sel kedalam tjairan gula jang hypertonik dibandingkan dengan air sel, maka tertariklah sebanjak air dari rongga-sel; isi sel akan berkurang. Djika kon-



Gambar 104. Plasmolysa.
I sel didalam air; II didalam tjairan KNO_3 4 %; karena air keluar, isi sel berkurang; III dalam tjairan KNO_3 6 %: protoplast mulai terlepas dari dindingsel; IV dalam KNO_3 10 %: plasmolysa.

sentrasi tjairan gula tjukup kuat, turgor selpun akan lenjap. Dindingsel akan kendur dan tak dapat mengerut lagi. Lebih banjak air jang keluar, maka terlepaslah protoplast dari dindingsel, kedjadian ini disebut *plasmolysa* (Gambar 104).

Penarikan air akan berlaku terus hingga tjairan diluar dan didalam protoplast mendjadi isotonik.

Baik untuk pertjobaan plasmolysa adalah sel² epidermis dari daun Rhoeo discolor sebelah bawah. Air selnja berwarna ungu, hingga rongga selnja kelihatan njata; djuga permulaan plasmolysa dapat dilihat dengan terang.

Nilai osmotik sebuah sel. Apabila kita mentjelupkan sebuah sel dalam tjairan gula dari berbagai kepekatan, dapat kita tetapkan dalam pekat mana sel itu mulai berplasmolysa. Kalau setelah itu terdapat keseimbangan, njatalah bahwa air sel dan tjairan gula isotonik.

Dengan mempergunakan sel Pfeffer, kini dapat ditetapkan tekanan osmotik tjairan gula tersebut terhadap air. Air sel, jang njata isotonik dengan tjairan gula, akan memberikan tekanan jang sama. Tekanan ini dinamai *nilai osmotik* sel itu.

Penarikan air berakibat naiknja pekat air sel dan dengan itu djuga nilai osmotiknja. Tapi turgornja berkurang. Sebaliknja mengisap air menurunkan nilai osmotik dan menambah besarnja turgor: *nilai osmotik dan turgor berbanding terbalik.*

Dengan djalan plasmolysa dapat ditetapkan nilai osmotik berbagai-bagai sel. Njatalah besarnja rata² 10—15 atmosfeer.

Bulu akar dan air tanah. Karena air tanah biasanja tjairan jang sangat entjer, serta tekanan osmotiknja rendah, bulu² akar dapat mengisap air dengan mudah, selama air tjukup. Apabila tanah itu mulai kering, lapisan² air jang meliputi bagian² tanah itu makin tipis, dan makin erat melekat kepada bagian² tanah itu, hingga sukar diisap oleh bulu² akar. Achirnja mungkin tumbuhan itu laju karena tak dapat lagi mengisap air.

Makin besar nilai osmotik bulu² akar, bertambah pulalah penarikan air. Ditanah-tanah jang amat kering, umpamanja dipadang pasir, terdapat tumbuhan jang nilai osmotiknja ± 100 atmosfeer. Berkat besarnja tenaga pengisapannja, tumbuh-tumbuhan ini masih dapat menarik air dari dalam tanah jang „kering udara", artinja tanah jang dalam suhu biasa, tak mengeluarkan air.

Nilai osmotik jang tinggi, terdapat djuga pada tanaman² jang tumbuh dalam tjairan garam, umpamanja tanaman laut dan tanaman jang hidup dipantai laut. Kalau nilai osmotik air sel tidak besar, tumbuhan ini tak dapat mengisap air dari air tjairan jang kepekatannja sebagai air laut.

Pengisapan garam tanah. Protoplast jang semipermeable sempurna hanja dapat memasukkan air sadja. Tetapi pertjobaan² dengan pertanaman dalam air telah membuktikan, bahwa beberapa matjam garampun dapat lalu meskipun hanja, dari luar kedalam. Maka kesimpulannja ialah: *protoplast itu dapat diresapi beberapa benda*, walaupun tidak begitu sempurna seperti air. Lebih landjut ternjata, bahwa protoplast *dapat mengubah sifatnja dan karena itu dapat mengatur meresapnja beberapa matjam benda.*

Tanah dan pertanaman. Dalam dunia ini segala benda² jang diambil dari dalam tanah, lambat laun kembali pula kedalam tanah,

karena tumbuh-tumbuhan itu mati sebagian atau seluruhnja, kemudian hantjur karena perbuatan djamur dan bakteri.

Bahan² jang membentuk tumbuh-tumbuhan dengan djalan ini dapat dipergunakan lagi untuk tumbuh-tumbuhan baru.

Lain halnja dengan tumbuhan jang sengadja ditanam (tanaman). Tanaman ini mengambil sedjumlah besar zat² makanan dari dalam tanah dengan tidak mengembalikannja. Tanah itu makin lama makin kurus. Kalau orang terus-menerus menanam satu matjam tanaman sadja, hasilnja akan berkurang, ketjuali apabila ia memasukkan zat² baru kedalam tanah. Dalam hal ini termasuk pengairan dan pemupukan.

Air pengairan dari lain tempat mengandung banjak zat² baru jang berguna bagi tanam-tanaman.

Pupuk jang harus dipakai, bergantung kepada beberapa faktor. Pada achir² ini mempeladjari tanah dan pemupukan, banjak dilakukan orang, tetapi karena hal ini tidak termasuk physiologi tumbuh-tumbuhan, disini tidak akan diuraikan.

C. PENGANGKUTAN AIR.

Djalan-djalannja. Air tanah jang diisap oleh bulu² akar, harus dibagikan keseluruh tubuh tanaman, terutama kedalam daun.

Berbatasan dengan bulu akar terdapat kulit pertama, terdiri dari sebuah parenchym jang mengangkut air sel ke-sel. Kemudian air itu melalui endodermis dan sampailah kesilinder pusat. Disini air itu diterima oleh buluh² kaju, lalu diangkutnja melalui akar dan batang kedalam daun. Didalam daun buluh² kaju terbagi dalam tulang² daun jang besar hingga tulang² daun jang terketjil. Achirnja masuklah air itu kedalam sel² mesophyl.

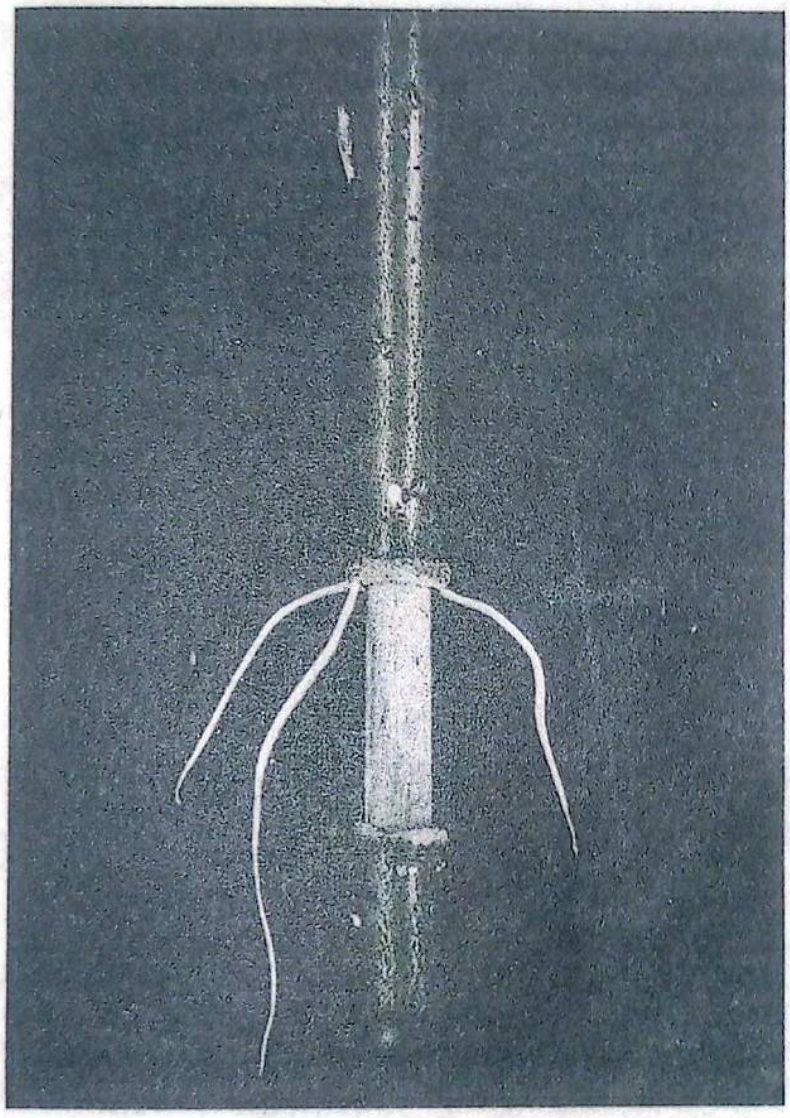
Maka air tanah itu dalam perdjalanannja melalui: 1. kulit pertama, 2. endodermis dan 3. buluh² kaju.

Perdjalanan dalam kulit pertama. Hal ini adalah proses osmotik. Dari berbagai-bagai penjelidikan ternjata, bahwa sel² jang letaknja lebih dalam, nilai osmotiknja lebih tinggi dari jang terletak disebelah luar, hingga air itu mengalir dari luar kedalam.

Pentingnja endodermis. Hal ini belum dapat ditetapkan. Dilain bagian telah diuraikan, bahwa air dari kulit pertama jang menudju silinder pusat, karena adanja lapisan gabus dalam dinding sel, terpaksa melalui protoplast² jang masih hidup dari sel² endodermis; endodermis ini dapat mengatur pemasukan air. Hal ini berlaku djuga untuk air jang mengalir sebaliknja; pengaliran air itu dirintangi oleh sel² endodermis.

Perdjalanan dalam buluh² kaju. Pengangkutan air dalam buluh² kaju dapat dibuktikan dengan pertjobaan² berikut:

a. Sajatan lingkaran (Gambar 105). Sajatlah sebuah batang melingkar dari kulit sampai kajunja [1]). Bagian tanaman disebelah atas sajatan, akan tetap segar, hal ini membuktikan, bahwa *kaju sadja dapat mengangkut air dengan tjukup.*



Gambar 105. Sebuah batang dengan sajatan melingkar. Diatas luka timbul akar[2].

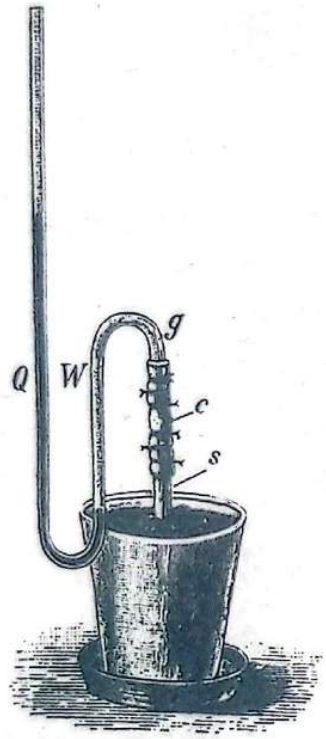
b. Apabila jang disajat itu kajunja, tidak dengan merusakkan kulitnja lebih dari seperlunja sadja, bagian tanaman disebelah atas sajatan akan laju, hal ini menjatakan, bahwa *kulit itu tak dapat mengangkut air tjukup.*

---

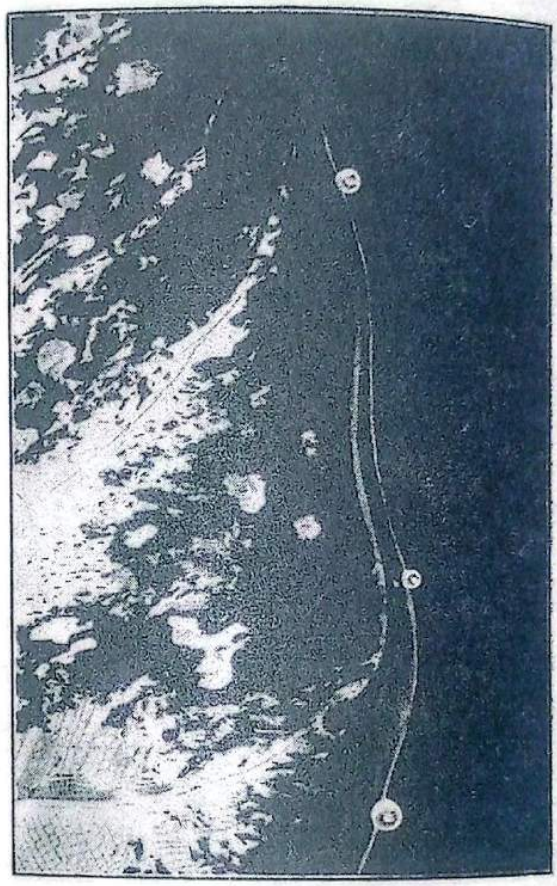
[1]) Untuk mentjegah infeksi, tjelupkanlah tempat jang akan dilukai itu kedalam tjairan sublimat (tjair) dan tutuplah lukanja dengan parafin, untuk mentjegah penjakit dan supaja tidak tjepat kering.

c. *Pertjobaan dengan eosin.* Tjelupkanlah sebuah potongan tjabang kedalam tjairan eosin (= sematjam tjat merah). Setelah beberapa lama, sajatlah batang itu melintang; dalam penampang membudjur kajunja berwarna merah, tetapi kulitnja tidak. Hal ini membuktikan bahwa tjairan eosin meresap hanja kedalam bagian kaju sadja.

1. Lama² warna merah itu kelihatan djuga dalam tulang² daun.
2. Tekanan didalam buluh² kaju biasanja lebih rendah dari-



Gambar 106. Mengukur tekanan akar.



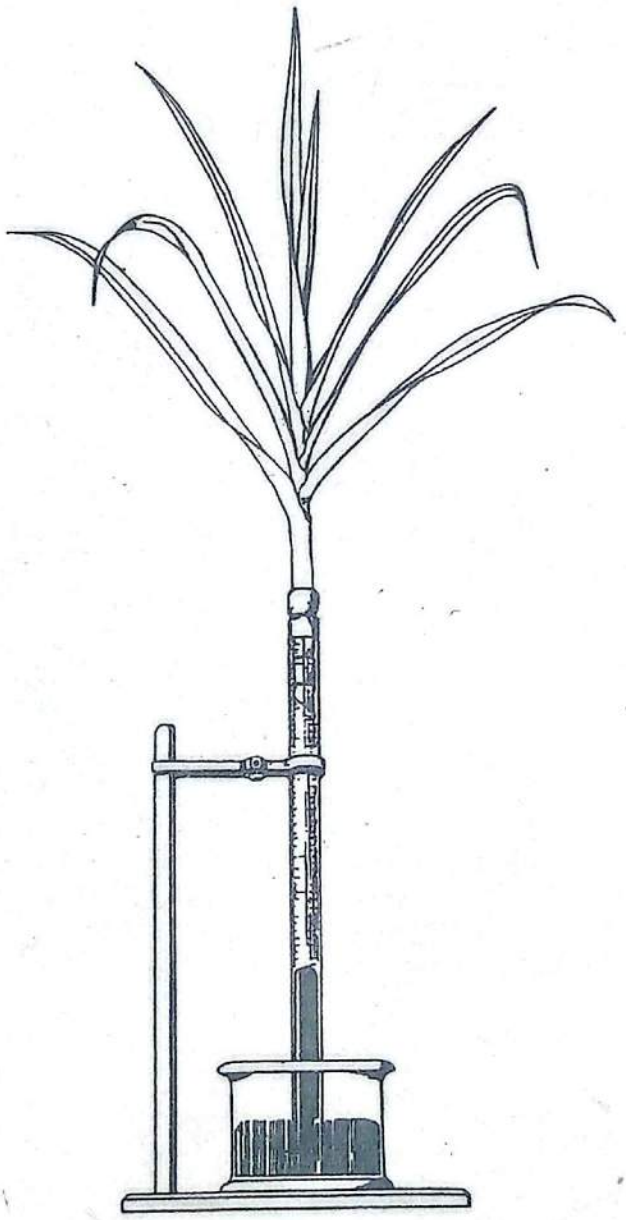
Gambar 107. Bagian daun Caladium (talas) dengan titik air disisinja.

pada diudara, karena itu udara mudah meresap kedalam buluh, hingga pengisapan air mungkin terhalang. Dengan hal jang demikian, batang itu baik disajat didalam air. Apapula kalau disajatnja itu didalam tjairan eosin, nistjaja dapat dilihat masuknja tjairan itu kedalam kaju.

Tjelupkanlah batang patjar air (Balsamin) dalam tjairan eosin; akan njata naiknja warna merah kedalam ikatan bulu² kaju.

Tenaga pengangkut air. Kerapkali air tanah itu harus diangkut ketempat-tempat jang sangat tinggi; misalnja tingginja pohon rasamala 60 m, pohon kajuputih 100 m. Tenaga jang dipergunakan diantaranja ialah: 1. *tekanan akar* dan 2. *tenaga pengisap daun.*

Tekanan akar. Potonglah sebuah batang tanaman (dalam pot) diatas tanah dan masukkanlah sisa batangnja kedalam pipa katja hingga tak ada udara jang dapat masuk; pipa ini berisi air. Maka air ini mula² akan turun, karena ada air jang diisap oleh akar tanaman. Lama² permukaan air akan naik, karena tertekan keatas (Gambar 106). Dengan manometer tekanan ini dapat diukur; rata² $\frac{3}{4}$—2 atmosfeer. Tekanan ini berasal dari akar, disebutnja *tekanan akar*. Karena tekanan ini terperaslah air keluar luka, kedjadian ini dinamai *berdarah* atau *merembas*. Air jang terperas keluar mengandung berbagai zat, antaranja gula.



Gambar 108. Tenaga pengisap daun.

Dari pohon kelapa dan enau orang biasa mengambil air perembas itu, jakni dari tangkai rangkaian bunga jang telah dilukai. Air ini menghasilkan gula kelapa dan gula enau (aren, kawung). Bila airnja itu diragikan, mendjadi tjuka, bahkan kadang² didjadikan arak.

Djuga pada tumbuh-tumbuhan jang tidak dilukai, kadang² akibat tekanan air dapat dilihat, umpamanja pada beberapa Araceae, seperti talas dan Caladium. Dalam suasana lembab, terutama diwaktu malam dan pagi hari, keluarlah beberapa titik air dari beberapa bagian, misalnja dari tepi daun (Gambar 107). Kedjadian ini disebut *menetes* (*menitik*) atau *guttasi*. Dibawah mikroskop ditempat-tempat itu terdapat mulut² kulit, jang berubah bentuknja; dibawahnja terdapat rongga² atau djaringan terlepas, diudjung sebuah ikatan pembuluh. Lubang² tempat keluarnja air disebut *pori air*, atau *emissari*.

Djuga pada siang hari menetes ini dapat dilihat, misalnja pada ketjambah rumput jang ditutup dibawah sebuah gelas penjungkup. Titik² air timbul diudjung daun.

Tenaga pengisap daun. Untuk membuktikan adanja tenaga ini, letakkanlah sebuah potongan batang djagung didalam pipa jang berisi air hingga tak ada udara jang dapat masuk. Pipa tersebut ditjelupkan kedalam air raksa (kwik) (Gambar 108). Setelah beberapa lamanja air raksanja kelihatan naik. Dari tingginja permukaan air raksa dapat ditetapkan tenaga pengisap daun.

Djalannja tenaga pengisap, dapat dibajangkan sebagai berikut: uap air dalam sela² sel daun meresap keluar melalui mulut daun; sel² parenchym jang letaknja berbatasan dengan antar² sel, mengeluarkan air pula. Karena itu kepekatan air sel bertambah besar, demikian djuga halnja dengan nilai osmotiknja, sehingga sel² ini dapat menarik air dari tetangganja. Proses ini berlaku dari sel ke-sel hingga pada buluh kaju. Karena ini, diudjung buluh kaju terdjadilah suatu pengisapan, jang menjebabkan penaikan air keatas.

Buluh² kaju itu berisi penuh dengan air. Dengan demikian diseluruh tubuh tanaman terdapat pipa² air, dari akar jang paling ketjil hingga pada tulang² daun. Pipa² ini pada pohon-pohonan amat banjak. Pipa² air (benang² air) tidak terputus-putus, tidak pula diputuskan oleh sekat² (dinding melintang) buluh, karena sekat² inipun diliputi air. Diantara bagian² air terdapat kohesi jang besar. Karena itu pengisapan jang mulai dalam daun, dapat berlangsung hingga akar² jang paling muda. Untuk memutuskan kohesi, pada bagian² air didalam buluh dibutuhkan tenaga sebesar 350 atm. Udara tak dapat masuk kedalam buluh² itu, karena dindingnja tak dapat ditembus.

Tenaga pengisap daun tjukup kuat untuk menaikkan air setinggi 100 m, amat besar djika dibandingkan dengan tekanan akar jang hanja dapat memeras air setinggi 18 m. Dalam perdjalanannja dari bawah keatas, air itu mendapat berbagai-bagai rintangan, misalnja: gèsèkan dengan dinding buluh, buku² buluh kaju dan sel² hidup jang harus dilaluinja. Jang tersebut belakangan merupakan rintangan jang terbesar. Adapun djarak jang harus dilaluinja amat ketjil, dan hanja beberapa lapisan sel dalam akar² ketjil dan beberapa lapisan didalam daun, semuanja itu tidak lebih dari 1 mm.

Djika terdjadi pengeluaran air dari dalam daun lebih besar dari pengisapan air oleh akar, terdjadilah suatu tegangan, jang menjebabkan mentjiutnja buluh². Pada tumbuh-tumbuhan jang batangnja tembus tjahaja, dapat dilihat dengan njata, bahwa pipa² air bekerdja terus walaupun tumbuh-tumbuhan itu laju. Kalau penguapan banjak, buluh² mengerut; kalau air jang diisapnja tjukup, buluh² ini mendjadi besar kembali.

Tjepatnja pengangkutan air. Pada beberapa tanaman, tjepatnja pengangkutan air dapat diukur. Hasil pengukuran ini adalah sebagai berikut:

Djagung	36	cm	dalam	satu	djam
Bunga matahari	63	,,	,,	,,	,,
Pisang	100	,,	,,	,,	,,
Tembakau	118	,,	,,	,,	,,
Labu	600	,,	,,	,,	,,

Hendaklah diperhatikan bahwa tjepatnja pengangkutan itu bergantung kepada beberapa faktor, sebagian faktor dalam, sebagian lagi faktor luar, misalnja: keadaan tanah (kadar airnja) dan dari hawa (basahnja hawa, angin, matahari); keadaan hawa mempengaruhi penguapan air, hal ini besar artinja untuk menetapkan tjepatnja penguapan air.

D. ASSIMILASI ZAT ARANG [1]).

Sebagaimana telah diketahui, kebanjakan unsur jang dibutuhkan oleh tumbuhan, diisap dari dalam tanah sebagai persenjawaan; ketjuali C jang diisap oleh bagian[2] jang berhidjau daun sebagai CO_2 dari udara [2]).

CO_2 masuk melalui mulut daun kedalam antar sel dan dari sini kedalam parenchym daun. Disini butir[2] hidjau daun membuat hydrat arang, terutama zat tepung dari CO_2 dan air. Proses ini dinamai **assimilasi zat arang**, dan **hanja dapat berlangsung, djika ada tjahaja matahari tjukup.**

Selain dari daun, djuga tubuh lainnja jang berhidjau daun, dapat berassimilasi C, tetapi daunlah tubuh jang utama guna proses itu, karena:

1. mengandung *banjak hidjau daun*,
2. *luasnja besar*, hingga dapat menangkap sinar banjak,
3. *tidak tebal*, hingga sinar dapat memasuki semua bagian daun,
4. mempunjai *mulut daun* banjak dan djuga mempunjai *saluran*[2] *antar sel* jang baik, jang memudahkan pertukaran gas dengan udara.

Marilah kita perhatikan hal[2] jang dibawah ini:

a. pengubahan kimia dalam assimilasi,
b. assimilasi-C dan tjahaja matahari,
c. tjahaja matahari sebagai sumber tenaga,
d. assimilasi-C dan hidjau daun,
e. arti mulut daun dan sela[2] sel.

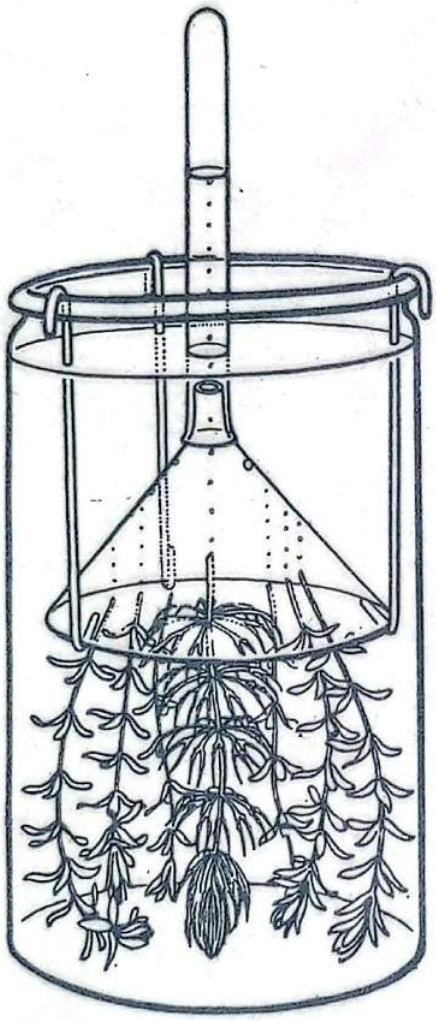
Pengubahan kimia. Pembikinan tepung oleh bagian[2] jang hidjau dibawah tjahaja matahari, dapat dibuktikan dengan *pertjobaan pembuatan tepung:* sebatang tumbuhan jang sedjak beberapa lama

---

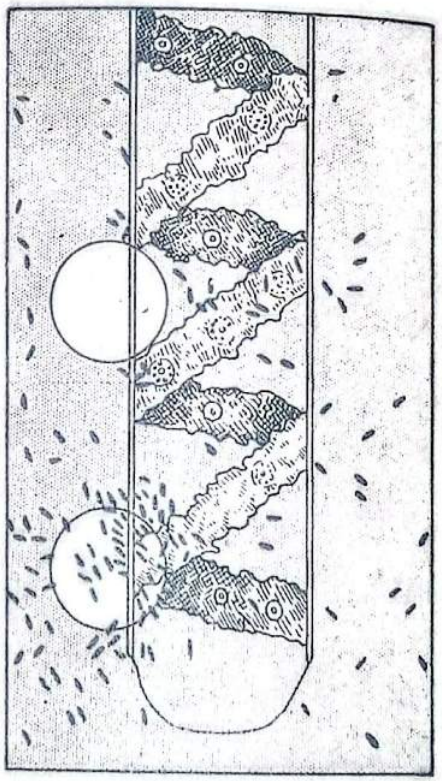
[1]) Proses ini disebut djuga photosynthese, diketemukan oleh J. Ingenhousz (1720—1799).

[2]) Tumbuhan didalam air mengambil CO_2 dari dalam air.

disinari matahari, dipotong daunnja. Kemudian daun ini dimatikan didalam air mendidih dan ditjelupkan dalam alkohol panas. Dengan demikian larutlah warna hidjaunja dan daun itu mendjadi putih. Setelah itu daun tadi ditjelupkan dalam jodiumtinctuur; warna daun mendjadi biru bahkan hitam djika mengandung tepung banjak. (Beberapa matjam tumbuh-tumbuhan misalnja Liliaceae dan



Gambar 109. Pengeluaran zat asam pada tumbuh-tumbuhan air.



Gambar 110. Pertjobaan dengan bakteri tjara Engelmann.

Amaryllidaceae biasanja tiada membuat tepung, tetapi membuat gula).

Ubahan apa jang terdjadi pada pembuatan tepung itu, hingga sekarang belum dapat ditetapkan. Biasanja orang menduga bahwa mula² terdjadi gula, misalnja gula anggur, tetapi ubahan inipun melalui beberapa zat antara.

Dengan pendek proses assimilasi dapat digambarkan sebagai berikut:

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow \underset{\text{(gula anggur)}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2$$

$$nC_6H_{12}O_6 \rightarrow \underset{\text{(tepung)}}{(C_6H_{10}O_5)n} + nH_2O$$

Ubahan diatas menjatakan, bahwa ketika dibuat gula anggur keluarlah O_2. Molekul O_2 jang keluar sama banjaknja dengan molekul CO_2 jang telah dipakai [1]).

Pengeluaran O_2 diwaktu assimilasi dapat dinjatakan dengan pertjobaan berikut:

Dalam bak katja berisi air diletakkan beberapa batang tumbuhan air (misalnja Hydrilla verticillata); diatas tumbuh-tumbuhan itu diletakkan sebuah tjorong katja dan sebuah tabung berisi air (Gambar 109). Taruhlah pertjobaan ini dibawah sinar matahari. Dari dalam tumbuh-tumbuhan timbullah gelembung² gas, terutama dari sajatan batang. Gas ini berkumpul didalam tabung. Pemeriksaan dengan sebatang arang kaju berapi menjatakan bahwa gas ini adalah zat asam.

Perhatian: Air jang dipergunakan untuk pertjobaan, harus mengandung CO_2. Air saluran (leiding) tidak banjak mengandung CO_2 karena deradjat panasnja agak tinggi. Oleh sebab itu djika orang mempergunakan air ini, bubuhilah sedikit air belanda. Bilamana CO_2-nja habis, pengeluaran O_2-pun terhenti dan terhentilah pula proses assimilasi.

Pengeluaran O_2 dibawah sinar matahari, dapat pula dibuktikan dengan *pertjobaan bakteri dari Engelmann* (Gambar 110). Pemeriksa tersebut meletakkan seutas benang ganggang (Spirogyra) dalam air dibawah mikroskop, dibubuhi bakteri² bergerak jang tertarik oleh O_2. Kemudian dimasukkanlah sinar matahari diatas benang Spirogyra dengan hati² hingga sinar ini tiba pada pita chlorophyl. Pada tempat jang bersinar berkumpullah bakteri, banjak hal ini menjatakan bahwa ditempat itu ada zat asam jang keluar. Djika tjahaja menjinari plasma, tetapi tidak menjinari pita hidjau daun, ditempat itu tida berkumpul bakteri². Kesimpulan: 1. bukanlah sinar semata-mata jang menarik bakteri² itu; 2. bagian² jang tak berhidjau daun tidak mengeluarkan zat asam dan tidak berassimilasi.

Assimilasi C dan tjahaja matahari. Pentingnja tjahaja matahari dalam assimilasi C dapat dibuktikan dengan pertjobaan² berikut:

Sehelai daun ditutup sebagian dengan selapis kaju gabus atau benda lain jang tak dapat ditembus sinar matahari. Hari berikutnja setelah matahari bersinar beberapa djam lamanja, daun itu dipetik, dan ditjelupkan dalam alkohol dan jodium (lihat diatas). Bagian daun jang tidak tertutup, warnanja hitam; tetapi bagian jang tidak disinari matahari tetap tak berwarna; ditempat ini tak ada pembuatan tepung (Gambar 111).

[1]) Menurut Hukum Avogadro: volume O_2 jang keluar sama besarnja dengan volume CO_2 jang telah dipakai.

Untuk membuktikan bahwa diperlukan *kekuatan tjahaja jang tertentu*, ambillah pertjobaan jang tersebut dalam gambar 109. Apabila tjahaja matahari kuat (dan tjukup mengandung CO_2) pengeluaran O_2 amat banjak. Kalau tjahajanja dikurangkan (misalnja dihalangi dengan sehelai kain putih) banjaknja gelembungan gas akan berkurang pula. Djika tjahaja matahari ini dikurangkan lebih banjak lagi, pengeluaran O_2 akan terhenti sama sekali. Banjaknja tjahaja matahari jang dibutuhkan untuk proses assimilasi dari berbagai-bagai tumbuhan tidak sama. Tumbuhan jang hidup ditempat jang panas, berbeda kebutuhannja dengan tumbuhan jang hidup dibawah bajangan. Dengan pertjobaannja, Engelmann memperlihatkan djuga sinar mana jang terpenting untuk assimilasi C: dengan sebuah prisma didjatuhkan spektrum diatas benang ganggang. Bakteri[2] terutama berkumpul dibagian jang merah; disitulah pengeluaran O_2 jang terbanjak.

Gambar 111. Pertjobaan pembikinan tepung. Ditengah ditutup hingga ditempat itu tak ada pembikinan tepung.

Tjahaja matahari sebagai sumber tenaga.

Gula dapat dibakar mendjadi CO_2 dan air:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O.$$

Reaksi ini berlaku dengan mengeluarkan panas.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{panas}$$

Tenaga itu, adalah tara (aequivalent) panas, karena itu panas jang tertulis diatas ini dapat djuga dibatja tenaga.

Sebaliknja persenjawaan CO_2 dengan H_2O mendjadi gula berlangsung dengan mengambil tenaga:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{tenaga} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

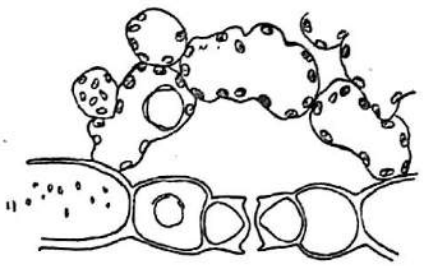
Tenaga ini timbul karena adanja tjahaja matahari; butir[2] hidjau daun menangkap tjahaja matahari itu dan mengubah tenaga ini dalam hasil[2] assimilasinja sebagai tenaga kimia.

Perhatian: 1. Sebuah benda jang bertenaga ketjil dapat berubah mendjadi benda jang bertenaga tinggi, jakni dengan mengambil tenaga pula; kedjadian ini disebut *penjusunan* (pembangunan); hal jang sebaliknja dinamai *pemetjahan*. **Proses assimilasi adalah proses penjusunan.**

2. Untuk pembuatan tepung dari gula, tidak diperlukan tjahaja matahari. Hal ini terdjadi pula dengan pembuatan ditempat-tempat jang gelap, misalnja dibagian-bagian tanaman dibawah tanah.

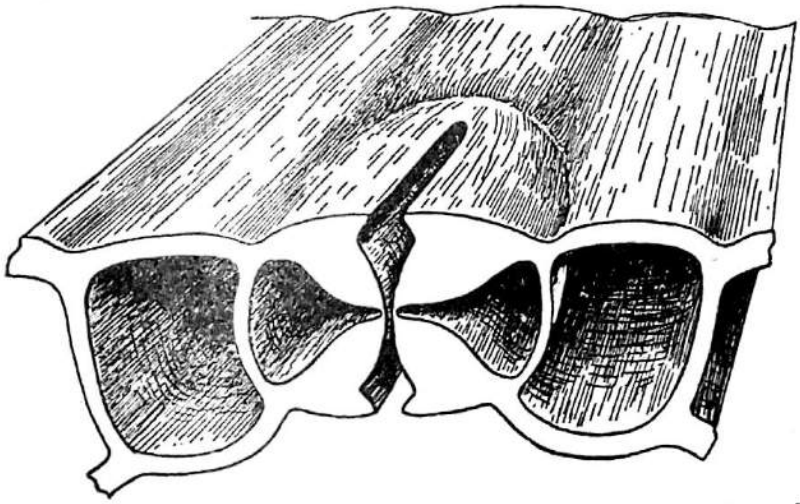
Assimilasi C dan butir[2] hidjau daun. Pertjobaan Engelmann dengan bakteri menundjukkan bahwa assimilasi-C hanja dapat berlangsung, bila ada tjahaja matahari mengenai hidjau daun.

Bahwasanja hanja hidjau daun sadjalah jang dapat berassimilasi--C, dapat pula dibuktikan dengan pertjobaan berikut: buatlah pertjobaan tepung dengan sehelai daun jang belang, misalnja daun Caladium jang berbintik-bintik putih, tidak berhidjau daun. Setelah hidjau daunnja dilinjapkan, seluruh daun itu mendjadi putih; demikian pula setelah dibubuhi jodium, bintik² jang tak berhidjau daun itu tetap tidak berwarna, sedangkan jang mula² berwarna hidjau menundjukkan reaksi pati.



Gambar 112. Penampang mulut daun dimuka bawah daun. Diatas mulut daun sebuah rongga, jang berhubungan dengan sela² sel.

Mulut kulit. Untuk memungkinkan hidjau daun mengubah CO_2 haruslah masuk udara jang mengandung CO_2 kedalam antarsel² daun, dengan melalui mulut kulit (Gambar 112 dan 113). Makin sempurna keadaan saluran² antarsel, makin baik carbondioxyde meresap kedalam sel². Hanja pada mulut² kulit jang terbuka, udara itu, dengan tjepat dapat meresap kedalam daun. Dimalam hari tak ada assimilasi-C; dan mulut kulitpun tertutup; pada siang hari mulut² kulit hampir senantiasa terbuka. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut:

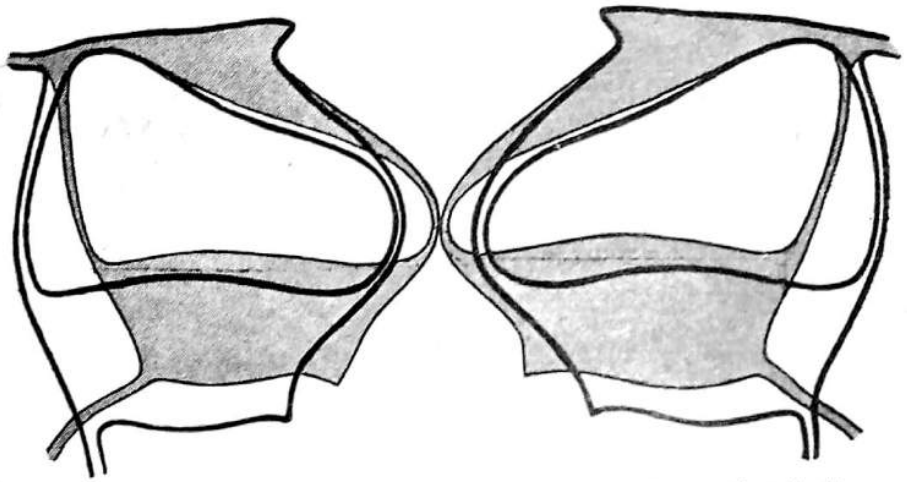


Gambar 113. Tjontoh mulut daun. Sel² penutup dan sel² kulit luar (Penampang dilihat dari atas).

Sel² penutup, jang melingkari mulut kulit, mengandung hidjau daun, oleh sebab itu dapat membuat gula atau tepung. Dimalam hari dapat dibuktikan adanja tepung didalamnja, berlainan halnja dengan semua sel² lain jang berhidjau daun. Pada siang hari dengan pengaruh tjahaja matahari sel penutup itu mengeluarkan suatu zat (sematjam enzima), jang dapat mengubah tepung mendjadi gula dengan tjepat. Karena hal demikian naiklah nilai

osmotik sel² penutup itu, dan akan menarik air dari sel² kulit luar jang berdekatan (sel² jang tersebut belakangan tidak berhidjau daun, karena itu tak dapat membuat tepung dan gula, nilai osmotik-njapun tidak tinggi). Isi sel² penutup bertambah besar; bentuknja berubah karena penebalan istimewa dindingsel, dan terbukalah mulut kulit itu (lihat Gambar 114).

CO_2 jang terkandung dalam udara hanja sebanjak $\pm 0{,}03\%$, karena itu hendaknja sebanjak-banjaknja udara masuk kedalam mulut kulit itu, agar tumbuh-tumbuhan mendapat zat arang tjukup. Hal ini mungkin karena djarak dan besarnja mulut² kulit itu sesuai dengan gunanja. Telah dibuktikan bahwa diffusi gas² dapat terdjadi lebih tjepat kalau melalui lubang² ketjil banjak, daripada melalui lubang² besar jang sedikit djumlahnja dengan luasnja sama.



Gambar 114. Skema terbuka dan tertutupnja mulut kulit.

Peredaran zat arang. Setiap hari tumbuh-tumbuhan jang berwarna hidjau menarik sedjumlah besar CO_2 dari udara. Mudah dimengerti bahwa lambat laun akan habislah persediaan CO_2 dari udara itu, apabila tiada terdjadi penambahan CO_2 dari sumber lain. Pada pembakaran, demikian pula dengan pekerdjaan gunung berapi terdjadilah CO_2 banjak, tetapi terlebih banjak lagi dengan napasnja tumbuh-tumbuhan dan hewan. Karena hal demikian, kadar CO_2 dari udara tetaplah. Sebagian dari zat arang berganti-ganti merupakan bagian dari udara dan bagian dari machluk hidup, atau dengan lain perkataan: peredaran zat arang merupakan sebuah lingkaran jang tak terputus-putus.

E. ASSIMILASI ZAT LEMAS (NITROGEN).

Pembentukan zat protein. Hydrat² arang jang terdjadi dengan assimilasi-C, sebagian digunakan untuk pembentukan protein misalnja protoplasma. Untuk ini lain daripada C, H dan O dibutuhkan pula S dan P; terlebih-lebih N.

S dan P senantiasa diisap sebagai garam dari dalam tanah;

N-pun diisap dari dalam tanah, kebanjakan sebagai nitrat, ada pula keketjualian sebagai persenjawaan ammonium; djarang sekali terdjadi pengisapan dengan djalan lain.

Pertjobaan dengan berbagai-bagai tanaman (ketjuali katjang²) dapat membuktikan, bahwa N itu tak dapat ditiadakan. Tumbuhan jang ditanam didalam tanah jang tak mengandung N mendjadi kurus kering, tetapi mendjadi subur apabila diberi nitrat, misalnja KNO_3 (Gambar 115).

Pembentukan zat protein terdjadi terutama didalam daun, kadang² djuga didalam bagian² jang tak berwarna hidjau.

Sinar lembajung (violet) dan lewat lembajung (ultra violet) dapat mempengaruhi pembentukan protein, tetapi meskipun tidak dengan sinar, protein masih dapat terbentuk.

Dalam pembentukan protein terdjadi pula asam amino sebagai hasil antara.

Terdjadinja persenjawaan N. Setiap hari, tumbuh-tumbuhan mengambil persenjawaan² N dari dalam tanah, hingga timbullah pertanjaan: Habiskah nanti persediaan N itu?

Didalam alam tak kekurangan N, agaknja hidupnja tumbuh-tumbuhan itu, sama dengan dalam abad² jang lampau, jaitu dengan berbagai-bagai djalan, tanah itu dapat menerima persenjawaan N:

1. Bakteri² pembusuk, memetjahkan (merombak) protein dari tumbuh-tumbuhan dan hewan jang telah mati atau dari kotorannja. Dengan demikian timbullah ammoniak, jang lalu oleh *bakteri² nitrit* dioksidasikan mendjadi nitrit. Selandjutnja nitrit ini oleh *bakteri² nitrat* dioksidasikan mendjadi nitrat. Proses jang tersebut kemudian segera terdjadi, setelah oksidasi nitrit; sehingga didalam alam itu tak dapat dibuktikan adanja nitrit. Kedua proses ini, jaitu pengubahan ammoniak mendjadi nitrat, disebut *nitrifikasi*. Nitrifikasi hanja dapat terdjadi didalam tanah jang tjukup gembur, itupun bila zat asam tjukup banjaknja. Bakteri² jang melakukan proses tersebut, diketemukan oleh Winogradski.

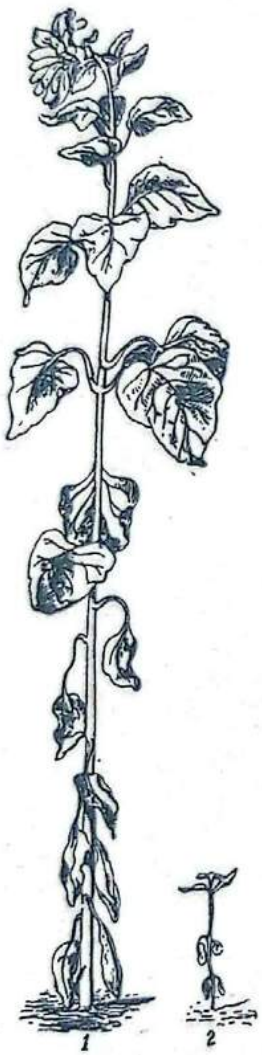
Perhatian.

1. Tenaga jang timbul karena oksidasi ammoniak dan nitrit, oleh bakteri² nitrifikasi digunakan untuk membentuk zat organik dari zat anorganik. Berlainan halnja dengan bakteri² lain, untuk makannja bakteri² ini tidak membutuhkan persenjawaan organik Djasad² ini mempergunakan CO_2 dari udara, sebagaimana djuga halnja tumbuh-tumbuhan hidjau; karena itu iapun autotroph. Tumbuh-tumbuhan hidjau membutuhkan sinar sebagai sumber tenaga; bakteri² nitrifikasi dapat membuat zat organik didalam gelap.

2. Tidak semua zat lemas jang ada dalam persenjawaan² organik.

dapat digunakan oleh tanah. Dengan proses pembusukan timbul pula zat lemas jang bebas. N itu terlepas kedalam udara, hingga tak berguna bagi tumbuh-tumbuhan.

3. Sebagai lawannja dari pekerdjaan membangun bakteri² nitrifikasi, terdapat pula pengaruh jang merusak dari bakteri² *denitrifikasi*. Bakteri² ini mereduksikan persenjawaan² zat lemas dan melepaskan zat lemas jang telah terikat. Sjarat² hidupnja adalah: 1. djangan ada zat asam jang bebas, dan 2. harus ada benda² organik. Karena tidak ada zat asam, 0 ini ditarik dari nitrat². Dengan 0 ini dioksidasikanlah zat² organik jang ada itu. Didalam tanah jang gembur tiadak terdapat denitrifikasi.



Gambar 115.
Bunga matahari: 1 dengan N; 2. tidak dengan N.

2. Zat lemas jang bebas dapat diikat mendjadi zat² jang dapat dipergunakan oleh tumbuh-tumbuhan. Diudara terdjadilah asam sendawa sebagai akibat ontlading elektrik. Asam ini larut dalam air hudjan dan meresap kedalam tanah. N jang diperoleh dengan djalan demikian tidak banjak.

Jang lebih banjak jaitu persenjawaan² N jang timbul didalam tanah sebagai hasil pekerdjaan djasad renik (microorganism). Dalam tahun 1893 Winogradski menemukan djenis bakteri, *Clostridium Pasteurianum*, jang membuat persenjawaan-N dengan zat lemas dari udara; persenjawaan² ini dapat digunakan oleh tumbuh-tumbuhan sebagai makanannja.

Beyerinck dalam tahun 1901 menemukan sematjam bakteri berassimilasi N pula, *Azotobacter chroöcoccum*. Bakteri ini tidak sadja terdapat lebih banjak dari jang tersebut diatas, karena terdapat didalam tanah, didalam air tawar, dilaut, serta dapat pula mengikat zat lemas lebih banjak.

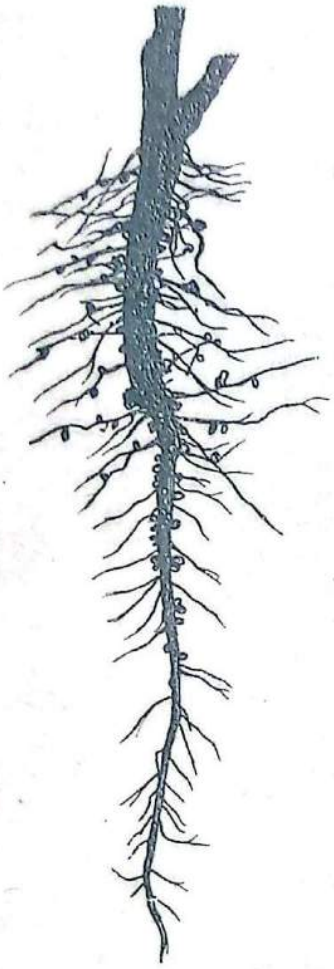
Lain daripada dua matjam bakteri jang dapat mengikat N jang bebas, ada pula djasad² jang dapat mengikat N *dengan bantuan tumbuh-tumbuhan sempurna*. Jang paling terkenal jaitu bakteri² genus *Rhizobium*, jang bekerdja sama dengan djenis² katjang. Jang tersebut kemudian akarnja berbintil-bintil (Gambar 116); bintil² itu berisi penuh dengan bakteria. Mula² bakteri ini berbentuk batang; kemudian bertambah gemuk (tebal) dan kadang² bertjabang. Disebutnja *bakteroid* (Gambar 117).

Kalau orang menaburkan bidji² katjang didalam pasir jang telah disterilkan, serta pasir itu tidak mengandung zat lemas, bidji²nja

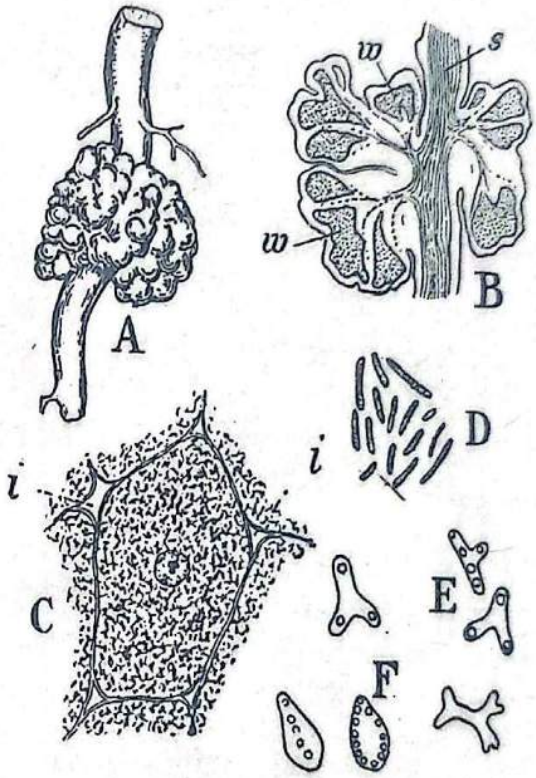
akan tumbuh, karena adanja persediaan zat lemas didalamnja, tetapi tidak akan tumbuh terus, apabila persediaan itu telah habis.

Apabila tanah itu dibubuhi bakteri tersebut, maka tanaman katjang itu suburlah hidupnja. *Karena tak ada lagi sumber N selain dari udara, hanja inilah jang dipergunakan untuk membentuk persenjawaan-N.*

Njatalah, bahwa tanaman katjang tak dapat mengassimilasi N



Gambar 116. Akar katjang dengan bintil[2] bakteri.



Gambar 117. Rhizobium. A bintil akar; B penampang A; *w* tempat[2] berkumpulnja bakteri; C sebuah sel penuh dengan bakteri; D bakteri terpisah; E dan F bakteroid.

jang bebas dengan tidak dibantu oleh bakteri; sebaliknja bakteripun tak dapat membuat persenjawaan-N tidak dengan bantuan tanaman katjang. Persenjawaan-N itu hanja terdjadi dengan adanja kerdjasama jang sesuai, antara kedua djasad tersebut.

Perhatian: Berbagai djenis katjang dipergunakan untuk memupuk tanah, misalnja Tephrosia candida, Crotalaria dsb. Bila tanaman[2] itu telah mengumpulkan zat lemas tjukup, lalu dibenamkan kedalam tanah. Pupuk demikian dinamai *pupuk hidjau.* Setelah mengubur pupuk hidjau, baharulah tanaman jang akan diambil hasilnja ditanam.

Dikebun-kebun kopi dan teh diantara tanaman utama biasanja orang menanam djenis² katjang, terutama petai tjina untuk menambah banjaknja zat lemas didalam tanah. Tanaman katjang ini kerapkali dipangkas; pangkasannja dibusukkan didalam lubang, kemudian ditjampurkan dengan tanah. Selain untuk pupuk, petai tjina dipergunakan pula untuk pelindung karena tadjuknja tidak begitu kerap.

Tjontoh lain dari kerdjasama antara dua djasad, untuk assimilasi-N, ialah antara *anggerèk* dengan beberapa djenis *tjendawan*. Didalam akar beberapa djenis anggerèk hidup beberapa matjam benang lapuk, jang membantu mengassimilasi-N. Akar jang berlapuk demikian disebut *endotrophe mycorrhiza* [1]); banjak matjam² anggerèk jang bidjinja tak dapat tumbuh apabila tak ada lapuk itu.

Didalam daun beberapa matjam Rubiaceae (Ardisia crenulata. Pavetta spec. dan Psychotria bacteriophylla) terdapat bintil² berisi bakteri. Gunanja sama dengan Rhizobium untuk matjam² katjang, Podocarpus, sematjam tjemara dari pegunungan, akarnja berbintil; didalamnja terdapat lapuk jang dapat mengikat-N.

Pemupukan sengadja dengan zat lemas. Meskipun dengan djasanja djasad renik sedjumlah besar zat lemas terikat dalam tanah kebun, tetapi banjak sekali zat lemas jang dipergunakan oleh tanam-tanaman, hingga kerapkali timbul kekurangan dan tanah itu harus diberi pupuk zat lemas.

Telah lama ternjata, bahwa *pupuk kandang* sadja tak dapat mentjukupi kebutuhan tanah akan pupuk² jang mengandung N. Oleh sebab itu dipergunakan orang „*pupuk buatan*", misalnja *chilisalpeter* dan *zwavelzure ammoniak*. Jang pertama ditempat-tempat jang banjak hudjan tjepat hanjut; jang kedua lebih baik diikat oleh tanah dan banjak dipergunakan misalnja untuk memupuk tanaman tebu.

Persediaan pupuk² buatan jang mengandung N jang diambil dari dalam tanah banjaknja terbatas. Pada permulaan abad ini orang meramalkan, bahwa tak lama lagi akan timbul kekurangan pupuk itu. Tetapi kini agaknja orang tak usah chawatir lagi, karena pada tahun jang achir² ini orang telah berhasil *mengikat N jang bebas dari udara dan mempergunakannja dalam berbagai-bagai pupuk buatan*.

F. PENGANGKUTAN HASIL² ASSIMILASI.

Hydrat arang dan protein jang dibuat didalam daun hanja sebagian ketjil sadja dipergunakan oleh daun, sebagian besar

---

[1]) Apabila lapuk² itu meresap kedalam sel² akar, akar itu disebutnja *endotrophe mycorrhiza*, tetapi kalau akar² itu hanja diliputi benang² lapuk maka disebutnja *ectotrophe mycorrhiza*.

diangkut kelain bagian, jaitu kebagian-bagian alat² tumbuh atau ketempat-tempat persediaan makanan.

Bila kita memeriksa sehelai daun dengan jodium diwaktu malam, kita dapat membuktikan adanja tepung. Tetapi kalau pertjobaan tsb. diambilnja pagi hari, patinja tak nampak. Djika daun itu dipetik diwaktu malam, lalu diletakkan didalam air hingga pagi, didalamnja ternjata masih ada pati. Kesimpulan dari pertjobaan tersebut adalah: bahwa pati dari daun jang masih melekat pada tumbuhan diangkut kelain bagian.

Djalan² pengangkutan. Dengan pertjobaan sajat melingkar orang akan dapat memeriksa djalannja pengangkutan benda² organik.

Dengan memperhatikan sjarat² jang disebutkan dalam halaman 105, sebuah tjabang pohon disajat melingkar kulit, berikut kambiumnja (permulaan mentjangkuk pohon). Beberapa hari kemudian bengkaklah kulit diatas luka sajatan itu. Penjelidikan menjatakan bahwa tempat jang bengkak itu mengandung banjak pati dan protein; kulitlah (pembuluh² tapis dan parenchym kulit) jang mengangkut hasil² assimilasi itu. Bagian kaju agaknja tiada berpengaruh dalam hal ini, karena kalau tidak demikian halnja, takkan ada penumpukan bahan makanan diatas luka tadi.

Diatas luka sajatan itu, timbullah akar² serabut jang dapat hidup sendiri, dengan bagian² pohon diatas sajatan, bebas dari bagian² dibawah sajatan, apabila akar² ini diletakkan didalam tanah. Itulah dasarnja membuat tjangkuk.

Enzima. Pati jang dibuat didalam daun tak dapat-larut; agar dapat diangkut kelain bagian, terlebih dahulu pati itu harus dibuat dapat larut. Hal ini terdjadi dengan diubahnja pati mendjadi gula.

Bagi bahan² lainpun diperlukan pengubahan kimia lebih dahulu, misalnja dalam bidji jang berketjambah; didalamnja selain dari pati, terkandung pula protein, minjak atau lemak, jang harus diangkut kedalam lembaga.

Pengubahan² tersebut senantiasa terdjadi dibawah pengaruh *enzima*.

Pekerdjaan enzima dapat disamakan dengan katalisator, jakni mempertjepat suatu reaksi; sedangkan sendirinja tak berubah. Sedjumlah ketjil enzima dapat mengubah benda jang tak terbatas banjaknja.

Suatu enzima hanja dapat mendjadikan satu reaksi jang tertentu; untuk mengubah zat lemak dibutuhkan enzima lain dari pada pengubah zat pati atau protein.

Enzima[2] jang terkenal adalah:

1°. enzima pemetjah hydrat arang atau *carbohydrase*.
   a. amylase mengubah pati mendjadi maltose.
   b. maltase " maltose mendjadi glucose.
   c. saccharase " saccharose mendjadi glucose dan fructose.
   d. cellulase " cellulose mendjadi glucose.
2°. enzima pemetjah lemak atau *lipase* mengubah lemak mendjadi glycerol dan asam lemak.
3°. enzima pemetjah protein atau *protease*.
   Ada beberapa protease, jang memetjah protein dalam molekul[2] jang lebih ketjil; dalam hal ini achirnja terdjadi *asam amino*. Disini hanja akan disebut:
   pepsin, pemetjah protein mendjadi *pepton*.

Dalam beberapa hal enzima itu menundjukkan persamaan dengan machluk hidup: pekerdjaannja jang terbaik ialah dalam deradjat panas jang tertentu; suhu jang terlampau tinggi atau ratjun dapat merusaknja.

G. HETEROTROPH.

Tumbuh-tumbuhan, jang makanannja bergantung dari djasad lain, disebut *heterotroph*. Jang termasuk dalam golongan ini adalah *saprophyt*, *parasit* dan tumbuh-tumbuhan *pemakan serangga*.

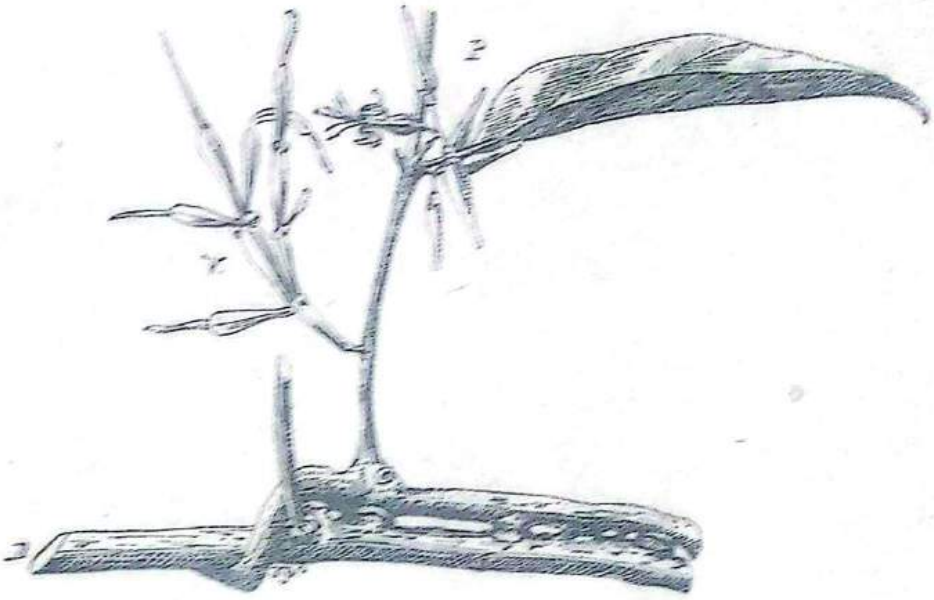
Saprophyt: *Saprophyt* hidup dari *tumbuh-tumbuhan dan hewan mati* atau dari kotoran[2] (sampah) tumbuh-tumbuhan dan hewan (daun gugur, pupuk kandang).

Sedjumlah besar bakteri dan tjendawan masuk dalam golongan ini. Hanja sedikit tumbuhan bunga termasuk dalam golongan ini, antaranja Dynamoplexis pallens (= bunga bahagia) suatu djenis anggerèk ketjil, kerapkali tumbuh pada dasar pohon bambu. Karena anggerèk ini tak berhidjau daun, tak dapat berassimilasi C dari udara, dan harus mengisap zat arang jang terikat organik. Akarnja bersama dengan sebatang tjendawan merupakan sebuah endotrophe mycorrhiza. Pekerdjaan tjendawan itu tak dapat dinjatakan dengan pasti. Mungkin benang[2] tjendawan hidupnja saprophytik, sedangkan anggerèknja mengisap makanan dari tjendawan itu. Djika hal ini benar, bunga bahagia itu termasuk golongan parasit.

Parasit. Parasit hidupnja merugikan djasad hidup lain, dan terbagi atas *setengah parasit* dan *parasit benar*.

Setengah parasit berhidjau daun; karena itu dapat mengambil zat arang dari udara. Air dan garam tanah diisapnja dari tumbuh-tumbuhan lain (*tumbuhan inang*). Tjontoh: beberapa matjam *benalu*

(Gambar 118); akarnja menembus kedalam tumbuhan inang (kapok, mempelam, kedondong, djati dsb.) hingga kedalam kaju, untuk mendapat bahan[1] jang diperlukannja. Perhubungan dengan kaju tidak perlu, karena membuat zat[2] organik sendiri dari zat[2] anorganik.



Gambar 118. Benalu P diatas pohon djeruk (D). Diatas benalu kadang[s] terdapat setengah parasit lain (Viscum), digambar pada V.

Parasit benar. Tak berhidjau daun, karena itu harus mengambil persediaan organik dari djasad[2] lain. Banjak bakteri dan tjendawan jang hidup sebagai parasit. Diantara tumbuh-tumbuhan berbunga hanja ada beberapa tjontoh:

a. *Rafflesia* (Gambar 119); hidupnja didalam akar dan batang beberapa matjam tumbuh-tumbuhan membelit (Cissus- dan Vitis- spec.). Rafflesia itu menembus seluruh tumbuhan inang dengan benang[2] seperti myceliun tjendawan. Hanja bunga jang amat besar timbul keluar.

Rafflesia Patma **banjak terdapat di Nusa-Kambangan.**

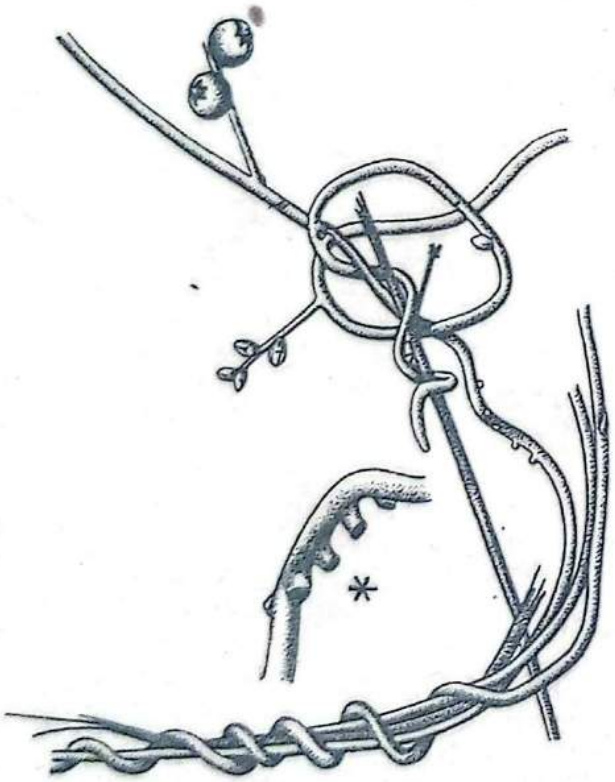
Gambar 119. Bunga Rafflesia.

Rafflesia Arnoldi terdapat didaerah Padang Mengatas; bunganja besar; gurat-tengahnja sampai 1 m.

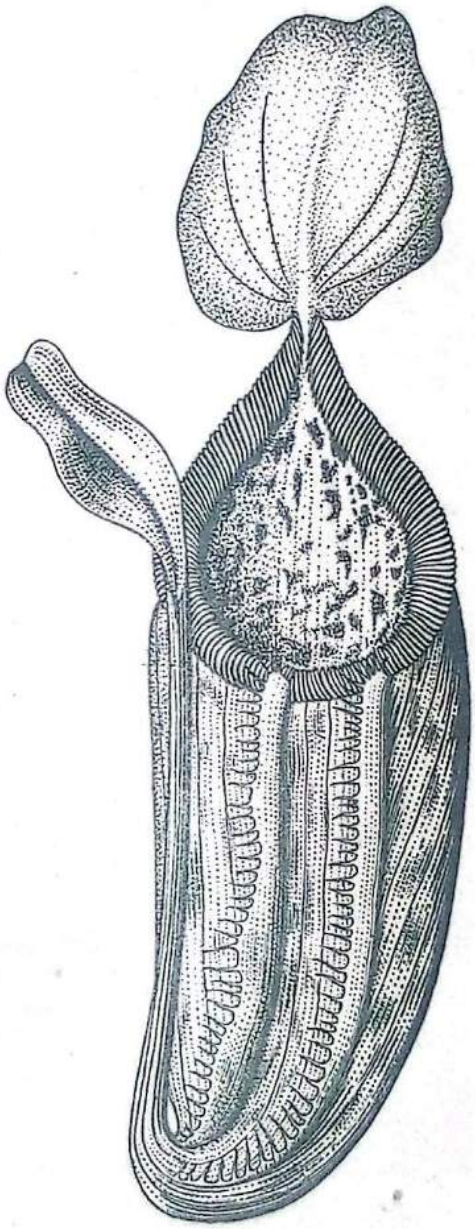
b. Tali puteri (*Cassytha filiformis*, Gambar 120) melekatkan batangnja jang ketjil dengan *alat² pengisap* (*haustoria*) kepada tumbuh-tumbuhan lain. Pengisap² ini berhubungan baik dengan buluh² tapis maupun dengan buluh kaju tumbuh-tumbuhan inang.

Tali puteri terdapat pada beberapa tumbuh-tumbuhan, terutama dipantai laut.

c. Aeginetia (Bremraap Bl.) hidup sebagai parasit pada akar padi, alang² dan Graminae lain.



Gambar 120. Cassytha; pada*) sebagian batang dengan alat pengisap.



Gambar 121. Nepenthes gymnamphora; piala.

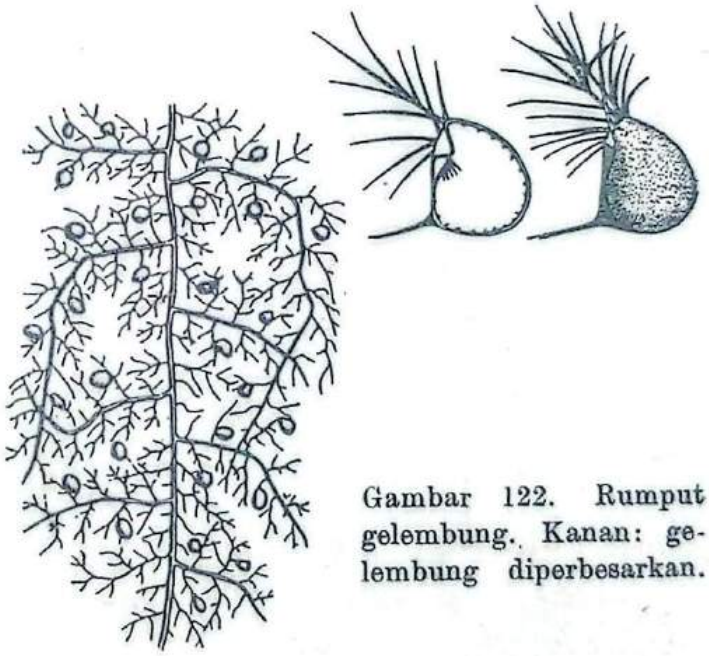
d. Balanophora hidup pada akar tanaman berkaju; melekatnja dengan sebuah tubuh berbentuk umbi. Djaringan² akarnja mendjadi satu dengan umbi.

Tumbuhan pemakan serangga. Tumbuh-tumbuhan ini berhidjau daun; karena itu mengenai kebutuhan zat arang tidak bergantung dari djasad lain. Ditempat tumbuhnja tanaman ini biasanja kekurangan

zat lemas, untuk menutup kebutuhan akan zat itu ditangkapnja serangga[2]. Jang terkenal diantaranja ialah:

a. Daun piala (Kantung kera) (*Nepenthes*, Gambar 121); tumbuhan memandjat; daunnja sebahagian berbentuk piala. Piala[2] ini warnanja amat menarik dan ditepinja mengeluarkan air manis guna menarik serangga[2]. Tepi piala sebelah dalam terbuka dengan teratur, hingga bila dihinggapi serangga, tergelintjirlah serangga itu serta tenggelam dalam air jang ada didalam piala. Tjairan ini keluar dari kelendjar[2] dibagian bawah piala dan berisi *pepsin*. Pepsin itu melarutkan protein dari serangga[2] jang tertangkap; larutan ini diisap oleh piala.

b. Rumput gelembung (*Utricularia*, Gambar 122), sebuah tumbuh-tumbuhan air; hanja tangkai-bunganja sadja kelihatan diatas air. Tumbuhan ini tiada berakar; daunnja sebahagian berbentuk gelembung berlubang. Lubang ini ditutup dengan sematjam pintu, jang hanja dapat membuka kedalam. Disekitar lubang, terdapat beberapa helai rambut[2] jang merupakan sebuah bubu (lukah) untuk menangkap binatang[2] ketjil. Bila ada sebuah udang kara menjentuh rambut tersebut, maka gelembung itu bertambah besar, pintunja terbuka dan diisapnja udang tadi kedalam gelembung. Kemudian pintu menutup lagi dan sikorban hantjurlah.



Gambar 122. Rumput gelembung. Kanan: gelembung diperbesarkan.

c. Drosera (Belanda: Zonnedauw). Tumbuh-tumbuhan ketjil berakar tak sempurna. Daunnja mempunjai kelendjar[2] bertangkai, udjung kelendjar mengeluarkan air pelekat. Mungkin serangga[2] tertarik oleh air pelekat itu. Binatang jang menjentuhnja melekatlah; kelendjar[2] membungkuk kedalam dan menekan korbannja diatas muka daun. Disinilah keluarnja air pepsin untuk menghantjurkan binatang jang tertangkap tadi.

H. PERNAPASAN.

Sebagai djuga halnja hewan, tumbuh-tumbuhanpun melakukan *pekerdjaan*. *Tenaga* jang dibutuhkannja didapat sebagai hewan

djuga, jakni karena *pembakaran (oksidasi)*. Untuk ini diperlukan zat asam.

Proses pengisapan zat asam, dan mempergunakan zat itu untuk pembakaran, disebut pernapasan.

Kita telah mengetahui, ketika menguraikan perihal assimilasi CO_2 bahwa tumbuh-tumbuhan hidjau dengan hidjau daunnja mengikat tenaga tjahaja matahari sebagai tenaga kimia. Diwaktu bernapas, tenaga ini terlepas lagi. Proses pernapasan, sebagian dapat disebut sebaliknja dari proses assimilasi. *Assimilasi adalah proses penjusunan, pernapasan proses pemetjahan (dissimilasi).*

Zat² jang dibakar, adalah hidrat arang atau lemak. Marilah kita ambil tjontoh pembakaran gula anggur; proses itu dapat kita gambarkan sebagai berikut:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{tenaga}$$

Dari proses tersebut njatalah, bahwa untuk pembakaran dipergunakan O_2, sedangkan timbul CO_2 dan air.

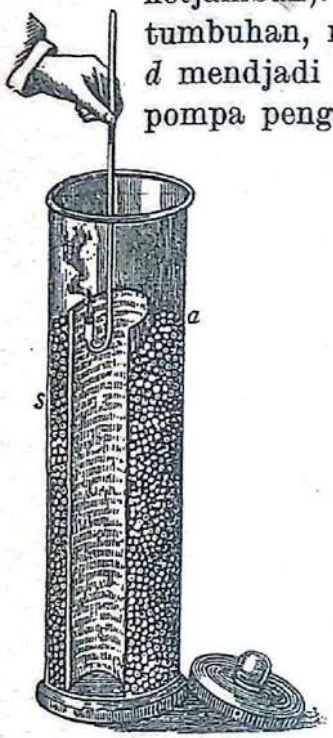
Pemakaian zat asam. Pengisapan O_2 oleh tumbuh-tumbuhan dapat dibuktikan dengan pertjobaan berikut: Didalam botol jang berlubang besar diletakkan sehelai kawat kasa (gaas) dengan tjermat (hati²) hingga isi botol itu terbagi dua. Salah suatu bagian, diisi dengan bidji katjang hidjau jang sedang berketjambah; kemudian botol itu ditutup rapat². Setelah beberapa djam lamanja masukkanlah sebatang lilin bernjala kedalam botol: apinja segera mati. Hal ini menjatakan bahwa dalam botol itu tiada terdapat O_2 lagi; karena zat asam itu telah dipergunakan oleh bidji² untuk bernapas.

Perhatian: Bernapas adalah perbuatan protoplasma; karena itu berlaku pada *semua bagian tumbuh-tumbuhan jang hidup*. Berhubung dengan ini, semua bagian tumbuhan harus dapat mengisap zat asam. Pada daun, mulut kulitlah jang merupakan pintu masuknja; selandjutnja zat asam itu mengalir melalui antar² sel. Sebagai djuga halnja daun, batang² semakpun bermulut; pada batang berkaju lentisel² jang menggantikannja. Akar mengisap O_2 dari dalam tanah; apabila didalam tanah itu tak ada zat asam, maka tumbuhan itu mempunjai alat² istimewa guna membawa zat asam kedalam akar. Pada peladjaran anatomi telah disebutkan gunanja pipa² udara, jang terdapat pada tumbuh-tumbuhan rawa. Ingatlah djuga pada akar napas pohon bakau².

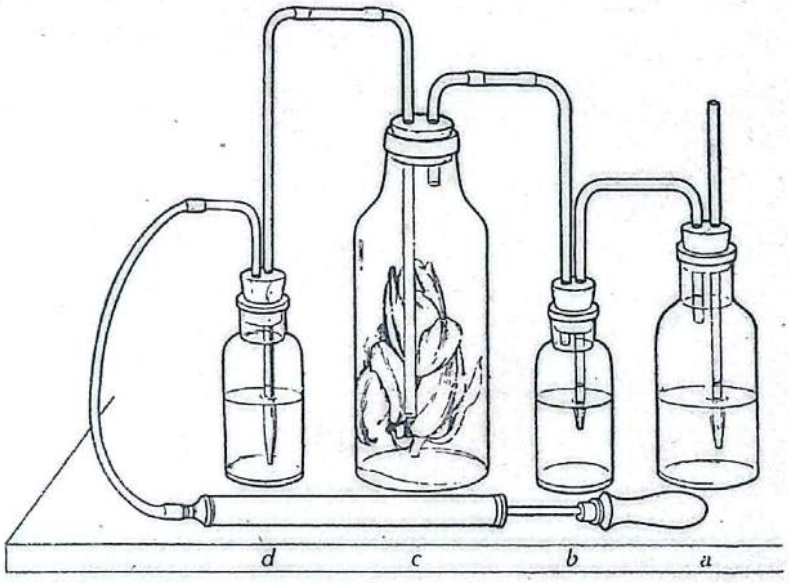
Pengeluaran CO_2. Pengeluaran CO_2 djuga dapat dibuktikan dengan pertjobaan: Alirkanlah udara jang tak mengandung CO_2 diatas bagian² tumbuhan jang sedang bernapas, lalu dalam air kapur. Bila air ini mendjadi keruh, njatalah, bahwa tumbuhan tersebut melepaskan CO_2 kedalam udara.

Gambar 124 menundjukkan suatu alat untuk membuat pertjobaan

tersebut. Botol a diisi dengan KOH; kedalam pipa jang pandjang dimasukkanlah udara dengan diperas. KOH akan menarik CO_2 dari udara ini. Kemudian udara itu dialirkan kedalam botol *b* jang berisi air kapur; apabila air ini tetap djernih, njatalah bahwa udara itu sudah tidak ber-CO_2 lagi. Setelah itu udara dialirkan diatas bagian tumbuh-tumbuhan jang sedang bernapas (misalnja kuntjup[2] bunga jang sedang membuka, atau bidji[2] katjang jang sedang berketjambah). CO_2 jang keluar dengan napas bagian tumbuh-tumbuhan, masuk dalam udara hingga air kapur dalam botol *d* mendjadi keruh karenanja (Pompa dalam gambar, adalah pompa pengisap).



Gambar 123. Pemakaian zat asam oleh bidji[2] katjang jang sedang tumbuh.



Gambar 124. Alat untuk memperlihatkan, bahwa tumbuh-tumbuhan mengeluarkan CO_2 diwaktu bernapas.

Perhatian: Pada pertjobaan pernapasan hendaknja diusahakan supaja djangan bersamaan dengan kemungkinan adanja assimilasi CO_2, CO_2 jang keluar dengan pernapasan itu segera akan diassimilir hingga tak dapat dibuktikan. Selain dari itu pemakaian O_2 hanja dapat dibuktikan, bila tak ada zat asam bebas karena assimilasi. Dalam hal demikian bagi pertjobaan ini, hendaklah dipergunakan bagian[2] tumbuh-tumbuhan jang tidak berwarna hidjau. Dapat pula pertjobaan itu diambil dalam tjahaja suram.

Pengeluaran kalor (panas). Dalam pernapasan sebagian dari tenaga terlepas sebagai kalor, dengan lain perkataan: pernapasan berakibat peningkatan suhu (temperatur). Biasanja hal ini tak dapat terlihat, karena:

1°. hasil kalor sedikit,

2°. pengeluaran panas karena penguapan air. Penguapan ini demikian kerasnja hingga kerapkali suhu tumbuhan lebih rendah dari suhu sekitarnja,

3°. pengurangan panas sebagai akibat memantjarkan sinar; hal ini bergantung dari luasnja relatif (perbandingan antara luas dan isi), jang pada kebanjakan tumbuh-tumbuhan amat besar.

Untuk membuktikan hasil kalor, pengurangan panas hendaknja ditiadakan, umpamanja taruhlah bagian tumbuh-tumbuhan jang sedang bernapas itu dalam botol thermos. Sebatang pengukur panas, ditaruh dalam botol, sedjurus kemudian akan menundjukkan suhu lebih tinggi daripada pengukur panas jang diletakkan disampingnja.

Pengeluaran kalor jang agak tinggi, kadang² dapat dibuktikan pada bunga Aronskelk. Pada beberapa djenis bunga ini terdapat banjak pati diudjung bulirnja; setelah bunga masak, pati ini dinapaskan dengan tjepat. Kalor jang dihasilkan dengan djalan ini sebagian terikat dalam seludang bunga, dan menarik beberapa serangga, jang selandjutnja mengurus penjerbukan bunga.

> Penjelidikan menundjukkan, bahwa beberapa enzima memegang peranan penting dalam pernapasan.

Pernapasan antramolekul. Apabila tumbuh-tumbuhan tidak bersedia zat asam bebas, pembakaran tak mungkin terdjadi. *Dalam hal itu, tenaga jang dibutuhkan, terdapat dengan memetjah persenjawaan organik, dengan bantuan enzima hingga mendjadi zat² jang bertenaga lebih rendah, dengan tak ada zat asam masuk.* Hal ini dinamai *pernapasan antramolekul.* Gula anggur misalnja dapat dipetjahkan mendjadi alkohol dan carbondioxyde:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

dalam hal ini timbul tenaga, sebagai akibat pembakaran djua.

Pernapasan antramolekul pada tumbuh-tumbuhan sempurna djarang terdjadi, kebanjakan hanja dalam buah dan bidji. Proses ini dapat dibuktikan dengan mengalirkan gas hydrogen mula² diatas bidji² jang sedang berketjambah, kemudian dalam air kapur. Pengisapan zat asam takkan terdjadi. Namun ada CO_2 jang keluar, hal mana njata karena air kapur mendjadi keruh.

Peragian. Pada pernapasan biasa tenaga dilepaskan dengan mengoksidasikan hidrat arang dan lemak.

Banjak tanaman jang kurang sempurna mendapat tenaga dengan djalan lain, misalnja karena *pemetjahan persenjawaan organik dengan tidak kemasukan zat asam* atau karena *pembakaran jang tidak lengkap* atau karena *pemetjahan zat lain* daripada jang diperlukan untuk

pernapasan biasa. Semua proses² ini disatukan dengan nama *peragian*.

Antara proses² peragian jang paling terkenal adalah *peragian alkohol* dan *peragian tjuka*.

Peragian alkohol disebabkan oleh *ragi* bir (saecharomyces) (Gambar 26). Sel² ragi memetjah gula dalam alkohol dan asam arang. Peragian gula anggur dapat digambarkan dengan rumus berikut:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2.$$

Proses ini sama dengan pernapasan antramolekul; sebagai djuga halnja jang tersebut kemudian, jaitu disebabkan oleh perbuatan enzima. Peragian alkohol hanja dapat terdjadi, bila tiada kemasukan zat asam. Djika ada udara, terdjadi pernapasan biasa.

Pada pembikinan alkohol, anggur, bir dsb. demikian pula untuk membuat roti, dipergunakan ragi. Dalam hal tersebut dimaksudkan agar adonan dapat muai karena CO_2 jang timbul dalam peragian.

Peragian tjuka disebabkan oleh bakteri tjuka, jang mengoksidasikan alkohol dalam asam tjuka dan air:

$$C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O.$$

Selain dari peragian tersebut masih ada beberapa matjam proses peragian. *Dengan rangkaian proses² ini persenjawaan organik dipetjah hingga achirnja mendjadi persenjawaan anorganik jang sederhana.*

Nama peragian, biasanja hanja dipakai untuk pemetjahan hidrat arang atau hasil pemetjahannja. Perombakan zat protein dinamai *pembusukan*. Pembusukan disebabkan terutama oleh bakteri, jang memetjah protein antaranja mendjadi carbondioxyde, air, ammoniak dan zat lemas bebas.

Peredaran zat. Zat² organik jang dibentuk oleh tumbuh-tumbuhan hidjau, sebagian dipergunakan (dipetjah) sendiri untuk bernapas. Sebagian lagi dipergunakan oleh djasad lain untuk dimakan, baik oleh hewan maupun oleh tumbuhan jang tak berwarna hidjau. Dengan tumbuhan, djasad² ini membentuk tubuhnja; sebagian dipernapaskan. Tumbuhan dan hewan jang telah mati dipetjah oleh djasad² renik dengan proses peragian atau pembusukan, hingga achirnja timbullah persenjawaan² anorganik. *Dengan demikian senantiasa ada zat² jang dibangun, dan ada pula jang dipetjahkan, dibuat makanan berbagai-bagai organisme. Senantiasa ada peredaran zat², jang memungkinkan hidupnja berbagai machluk didalam dunia ini.* Djika, seandainja hanja ada satu golongan organisme sadja, nistjaja, karena pertukaran zat menjebelah, djasad ini akan menghabiskan semua makanannja, hingga achirnja tak dapat hidup terus.

Tenaga jang dibutuhkan untuk hidup tumbuh-tumbuhan hidjau,

berasal dari matahari. Ada pula djasad[2] lain jang hidupnja dari tumbuh-tumbuhan, baik langsung maupun tidak langsung. Tenaganja terdapat dengan adanja pemetjahan zat[2] jang telah mengikat tenaga dari matahari. Dengan lain perkataan: **Semua machluk hidup mendapat tenaga dari matahari.** Kalau tidak ada matahari, penghidupan jang kita kenal didunia ini, tidak mungkin.

I. PENGELUARAN AIR.

Tumbuh-tumbuhan mengisap garam[2] tanah sebagai larutan jang sangat tjair. Untuk mengisap zat[2] makanan setjukupnja harus ada air lebih daripada air jang sebenarnja dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan. Air jang berkelebihan dikeluarkannja lagi, terutama sebagai uap, kadang[2] djuga sebagai air. Peristiwa pertama disebut *penguapan* atau *peluh*, jang kedua dinamai *menitik* (menetes) atau *guttasi*.

Besarnja penguapan. Berkurangnja air karena penguapan, dapat dinjatakan dengan sebuah pertjobaan, jang dapat pula menundjukkan banjaknja air jang menguap. Letakkanlah sebuah pot berisi tanaman diatas timbangan (neratja); untuk menghindarkan penguapan air dari tanah, pot itu ditutup dengan kertas timah atau benda lain jang tak dapat ditembus air. Setelah beberapa lama kelihatan, bahwa pot itu mendjadi lebih ringan, dan berkurang beratnja. Kekurangan ini dapat diukur.

> Berkurang beratnja, tidak sama dengan banjaknja air jang menguap. Apabila pertjobaan itu dibuat didalam tjuatja terang (panas), nistjaja terdjadi djuga assimilasi CO_2, jang menambah beratnja tanaman. Pernapasan, sebaliknja, mengakibatkan berkurangnja berat tanaman, baik ditempat gelap maupun ditempat terang. Pada pertjobaan jang tersebut diatas terselip suatu kesalahan jang tak berarti.

Peranan mulut kulit. Karena besarnja dan luasnja, peranan daun dalam hal penguapan amat besar. Sel[2] parenchym daun mengeluarkan airnja kedalam sela[2] sel, dari sini uap keluar melalui mulut[2] kulit.

Djuga sel[2] kulit luar menguapkan air, tetapi biasanja tidak begitu banjak sebagai jang menguap melalui mulut kulit, terutama pada daun[2] jang bercuticula tebal. Hal ini dapat dibuktikan dengan *pertjobaan cobalt*; kita ambil kertas cobalt, jaitu kertas saring jang ditjelupkan dalam tjairan *cobaltchloride*. Warna kertas ini biru bila kering dan merah muda bila basah. Sehelai daun ditutup kedua belahnja dengan kertas cobalt kering, lalu didjepit diantara dua potong katja untuk menghindarkan pengaruh udara. Sedjurus kemudian, kertas cobalt itu berubah warnanja

pada muka daun jang bermulut. Disitulah terdjadi penguapan jang terbanjak [1]). Setelah beberapa lama berubah pulalah warna kertas disebelah lagi, hal ini menjatakan, bahwa dari sel² kulit luarpun ada air jang menguap [2]).

Sebagaimana telah diketahui, mulut kulit itu hanja terbuka diwaktu terang, oleh sebab itu penguapan air jang terbanjak terdjadi pada siang hari Diwaktu malam terdjadi pengubahan gula mendjadi pati didalam sel² penutup. Karena peristiwa ini nilai osmotik sel² ini berkuranglah, bahkan mendjadi lebih rendah daripada sel² kulit luar dikanan-kirinja. Selandjutnja hal ini berakibat pula pengisapan air dari sel² penutup, jang menjebabkan berubah bentuknja, hingga mulut² kulit itu menutuplah (Gambar 114). Dimalam hari penguapan air terbatas. Bila ada tumbuh-tumbuhan jang kehilangan air terlampau banjak pada siang hari, maka kekurangan ini dipenuhi lagi diwaktu malam: lihatlah, daun jang laju diwaktu sendja, mendjadi segar lagi pada esok harinja.

Dimusim kering mulut² kulit telah tertutup sebelum matahari terbenam. Perubahan bentuk sel² penutup adalah akibat dari hebatnja penguapan air. Dengan demikian dapatlah dikatakan bahwa mulut² kulit itu *mengatur penguapan air.*

Pengaruh dari luar. Beberapa keadaan luar mempengaruhi djalannja penguapan: hari panas, aliran udara, udara kering, tjahaja matahari dan tanah berair, semua itu menambah banjaknja penguapan. Perbuatan physik dari tiga faktor pertama tak perlu diterangkan lagi disini.

Pengaruh tjahaja matahari dan tanah berair adalah pengaruh physiologik. Pengaruh tjahaja matahari terhadap mulut² kulit, dan pada penguapan air, telah diuraikan diatas. Tanah berair memungkinkan tumbuh-tumbuhan mengisap air banjak, selandjutnja mengurangkan pekat (konsentrasi) air sel dan nilai osmotiknja. Makin rendah nilai osmotik ini, makin mudah pula merembasnja air kedalam dinding sel (imbibisi). Hal ini mengakibatkan mudahnja air keluar dari sel² luar, dan dari sel² jang berbatasan dengan antarsel².

Pada umumnja penguapan keras membawa akibat baik, karena: 1°. dengan demikian tumbuh-tumbuhan dapat mengisap air serta garam² tanah banjak.

---

[1]) Telah diukur, bahwa penguapan air dari daun karet sebelah bawah = 14,5 × setjepat penguapan dari muka atas. Dari daun² jang bercuticula tipis, perimbangan ini lebih ketjil.

[2]) Tjepatnja berubah warna, bergantung kepada banjaknja mulut kulit dan tebalnja cuticula. Bandingkanlah daun karet dengan daun Caladium (keladi bunga).

2°. penguapan air dapat melindungi tanaman terhadap panasnja matahari. Sehelai daun kering diletakkan ditempat panas, pada suatu saat akan mentjapai suhu jang amat tinggi, tak tertahan lagi oleh protoplasma hidup [1]). Daun hidup serta berair memper-gunakan sebagian besar dari panas jang diterimanja untuk peng-uapan air, sedangkan ia sendiri tetap dingin.

Penjesuaian. Meskipun penguapan jang keras berpengaruh baik, namun pengeluaran air tak boleh melebihi penerimaan. Pengaruh angkasa (udara kering, angin, sinar jang keras) dapat memperhebat penguapan air, tetapi sebaliknja kadang² ada tanah jang sukar melepaskan airnja. Dalam hal demikian, banjak tanaman akan mati karena kekurangan air. Hanja tanaman, jang bangunnja sesuai dengan keadaan ditempat itu, dapat mempertahankan. Tumbuhan, jang bangunnja sesuai dengan keadaan kering dinamai **xerophyt.**

Xerophyt akan terdapat ditanah kering, terutama dipadang-padang pasir, kadang² djuga ditanah-tanah berair, misalnja dipantai laut dan dihutan api², dimana pengisapan air sukar karena tanahnja me-ngandung garam. Disini agaknja ada pula zat² didalam tanah jang merintangi pengisapan air. Banjak pohon² didaerah tropika, bahkan dirimba raja, mempunjai bangun xerophyt, tetapi pengaruh angkasa ditempat ini sangat kuat, hingga pohon² itu harus memper-lindungi dirinja terhadap pengaruh ini. Achirnja ada pula beberapa matjam epiphyt jang mempunjai tanda² xerophyt. Tanda² penje-suaiannja ialah:

a. mempunjai *nilai osmotik tinggi*; karena ini tidak sadja penge-luaran air terbatas, tetapi sebaliknja pengisapan air ditambah.

b. akar jang luas dan bertjabang banjak jang memungkinkan pengisapan air dari tanah lebih luas.

c. Luasnja (relatif) bagian² tumbuhan diatas tanah tidak besar; umpamanja batang² jang tebal, sedikit bertjabang, tak berdaun serta berdaging, atau daunnja berubah mendjadi sisik-selaput, bulu atau duri.

Tjontoh: Cactus dan beberapa matjam Euphorbiaceae (susuru) jang serupa dengan cactus: Tumbuh-tumbuhan, jang menjimpan air dalam batang daun, jang daunnja berdaging (tebal) itu, dinamai *succulent* (lunak).

d. bercuticula tebal, berbulubanjak atau diliputi dengan selapis lilin [2]) maupun daun atau batangnja; karena itu tumbuh-tumbuhan,

---

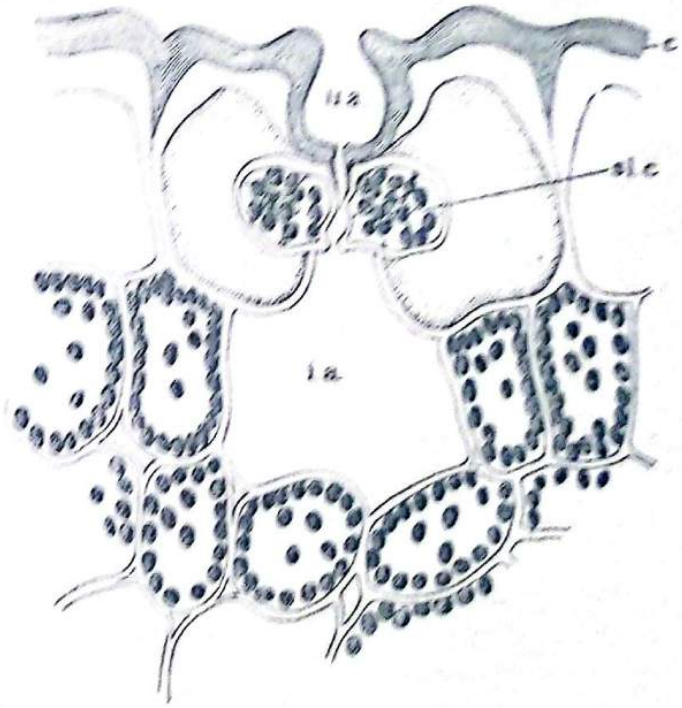
[1]) *Batas suhu* hidup, jaitu suhu jang tertinggi, dimana protoplasma mulai mati, untuk kebanjakan tumbuh-tumbuhan adalah ± 50° C.

[2]) Tanaman jang tumbuh ditempat basah kadang² djuga mempunjai lapisan lilin untuk mendjaga, supaja daun tidak mendjadi basah hingga mulut² daunnja tertutup.

tidak sadja dapat membatasi penguapan air, tetapi djuga dapat menahan pengaruh sinar matahari. Cuticula jang berkilap, bulu² jang berisi udara dan lapisan lilin dapat memantulkan sinar.

c. *bermulut kulit sedikit*, letaknja mulut² kulit ini kadang² pada dasar ontjak daun, hingga terlindung dari angin. Dengan demikian diatas mulut kulit ada udara lembab, jang membatasi penguapan air (Gambar 125).

Betolaknja dari xerophyt jaitu **hygrophyt**, tanaman ini menjesuaikan dirinja dengan tempat basah, disitulah penguapan air dapat terhalang. Tumbuhan ini banjak terdapat ditempat-tempat jang teduh, terutama dihutan-hutan daerah basah (rimba raja). Tanaman itu mempunjai alat² untuk memperkeras pengeluaran air, umpamanja *daun² besar dan tipis jang tak berbulu, bercuticula tipis, bermulut banjak*. Mulut² kulit ini, kadang² terletak diatas bagian² jang *menjalang*. Kadang² daun itu, berlapis lilin atau berbintil-bintil ketjil, agar tak dapat basah diwaktu hudjan; ada pula daun jang berudjung sempit serta mudah mengalirkan air.



Gambar 125. Mulut kulit jang letaknja dalam pada Aloë. *c* cuticula tebal; *slc* sel penutup; *ua* rongga pernapasan luar; *la* rongga pernapasan dalam.

Diwaktu angkasa djernih (tapi beruap sebagaimana kerap terdjadi dihutan-hutan) penguapan air tidak mungkin. Agar dapat mengisap air serta garam tanah, beberapa matjam tumbuhan, misalnja Caladium, *mengeluarkan air* dari udjung atau tepi daun (Gambar 107). Seperti jang telah diuraikan lebih dahulu, *menetes* atau menitik (guttasi) ini adalah akibat tekanan akar.

Tumbuhan jang hidup didalam air tak dapat menguapkan air setjara biasa, disinipun terdapat alat² guna mengeluarkan air, bukan sebagai uap, melainkan sebagai air biasa.

Xerophyt dan hygrophyt jang disebutkan diatas telah menjesuaikan dirinja dengan keadaan jang sama disepandjang tahun. Disampingnja ada pula tumbuh-tumbuhan jang menjesuaikan dirinja berganti-ganti dengan keadaan basah dan keadaan kering. Tumbuh-

tumbuhan demikian disebut **tropophyt**; jang termasuk dalam bagian ini ialah:

1°. tanaman berkaju seperti djati, kapok dsb. jang meluruhkan daunnja dimusim kering, untuk mengurangkan penguapan airnja dari bagian² diatas tanah.

2°. tumbuh-tumbuhan rendah jang bagian²-nja diatas tanah mati dimusim kemarau, seperti kembang sungsang (Gloriosa). Dimusim hudjan bagian²-nja jang ada dibawah tanah (rhizoma, umbi, umbi lapis) mengeluarkan daun lagi.

Didaerah-daerah dingin tropophyt itu terdapat lebih banjak dari pada didaerah-daerah panas. Dimusim dingin pengisapan air tidak mungkin karena rendahnja suhu. Diwaktu itu semua pohon² dan semak tak berdaun. Adapun tumbuh-tumbuhan rendah dapat mempertahankan dengan bidjinja atau bagian² dibawah tanah.

II. TUMBUH

Tentang hal tambah besar serta perubahan bangun tumbuh-tumbuhan atau bagian tumbuh-tumbuhan sebagai akibatnja telah kita bitjarakan dalam peladjaran anatomi. Kita mengetahui tumbuhnja tanaman pada titik pembiak, jaitu dengan pembelahan sel; telah diketahui pula bahwa ditempat-tempat dibelakang titik² tumbuh, terdjadi penambahan pandjang dan penambahan tebal jang terbatas karena bertambah besarnja masing² sel. Demikian pula hal tumbuh lingkar sekonder telah dibitjarakan. Adapun jang hendak diuraikan kini:

1°. *tjepatnja tumbuh*,

2°. *pengaruh keadaan luar*.

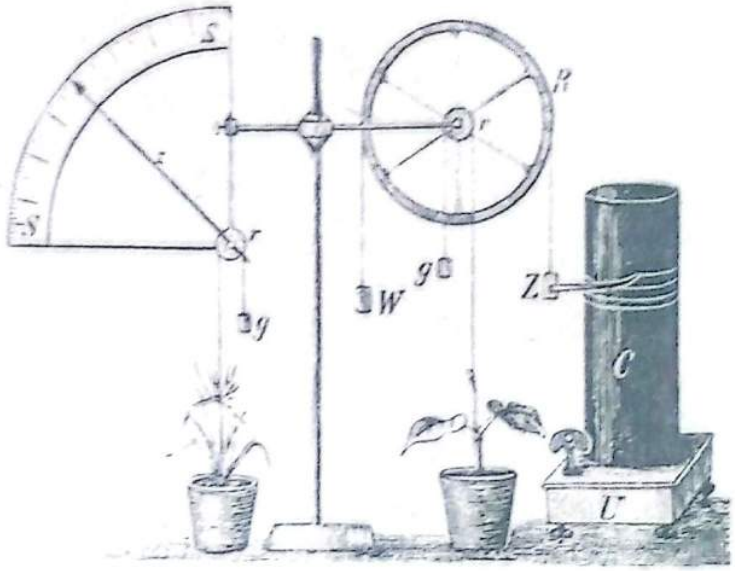
Tjepatnja tumbuh: Untuk mengukur tjepatnja tumbuh, dipergunakan sebuah alat jang disebut *busur tumbuh*, jaitu sebuah alat jang memperlihatkan tambah pandjangnja tanaman (lihat Gambar 126). Putjuk sebuah tanaman diikat dengan seutas benang jang disangkutkan pada sebuah kerek, tegak lurus diatas tanaman tsb. Sebuah batu timbangan (*g*) digantungkan diudjung benang untuk menegangkannja. Katrol (*r*) dihubungkan dengan djarum (*z*). Apabila tanaman tumbuh, djarum *z* bergerak diatas sebuah busur (*s*), jang terbagi dalam millimeter. Umpamanja: kalau tanaman bertambah pandjangnja 1 mm, batu timbangan akan turun 1 mm pula, begitu djuga kerek memutar kekanan 1 mm. Djika pandjangnja djarum ada 10 × djari kerek, udjung djarum akan bergeser 10 mm.

Dengan mempergunakan busur tumbuh, kita dapat membandingkan tjepatnja tumbuh beberapa matjam tumbuh-tumbuhan. Jang

sangat tjepat bertambah pandjang adalah beberapa matjam bambu, jaitu 0,6 mm tiap² menit.

Untuk mengetahui, bagian mana jang tumbuh paling tjepat, dapat diambil pertjobaan berikut:

Sebuah akar ketjambah dengan tinta tjina dibagi-bagi dalam milimeter (Gambar 127). Esok harinja djarak antara garis²⁰ mm diukur lagi. Dalam gambar terlihat bahwa akar itu tumbuhnja paling tjepat didekat udjungnja. Hal ini adalah akibat dari tjepatnja tambah pandjang sel² ditempat itu, sebagaimana telah diuraikan dalam peladjaran anatomi. Pertjobaan tersebut dapat djuga diambil pada batang atau tangkai daun untuk menjelidiki tumbuhnja.



Gambar 126. Alat pengukur tumbuh. Kiri: busur tumbuh, kanan pengukur jang mentjatat sendiri.

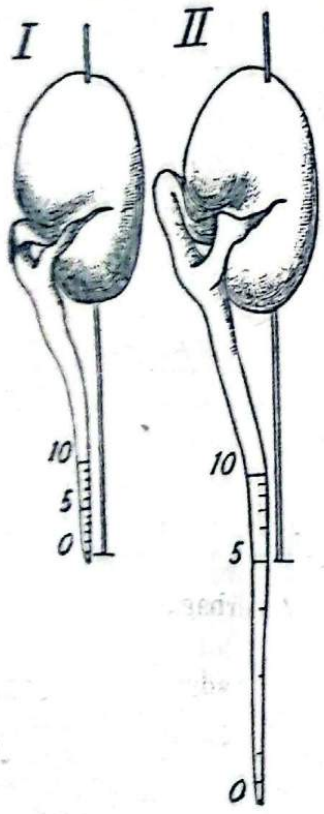
Pengaruh dari luar. 1°. *Pengaruh suhu.* Dengan menjelidiki tumbuh tanaman dalam berbagai suhu, dapatlah diketahui pengaruhnja (keadaan lainnja harus disamakan). Penjelidikan menundjukkan, bahwa tanaman takkan tumbuh dibawah 0° C, tidak pula antara 40° dan 50°C; suhu jang tepat adalah antara 22° dan 37° C.

Suhu jang paling rendah, dimana tanaman masih dapat tumbuh, disebut *minimum-suhu*, suhu jang tertinggi dinamai *maximum-suhu*; suhu jang terbaik *optimum suhu*. *Titik² penting* ini pada tumbuh-tumbuhan jang hidup didaerah jang beriklim dingin lebih rendah daripada tumbuh-tumbuhan daerah panas. Untuk kebanjakan tumbuh-tumbuhan daerah panas minimum itu terletak pada ± 10° C, untuk bangsa ganggang dipantai Greenland pada 0° C.

Minimum serta maximum jang tinggi terdapat pada beberapa matjam bakteria, misalnja pada bakteri tuberculose letaknja minimum-suhu

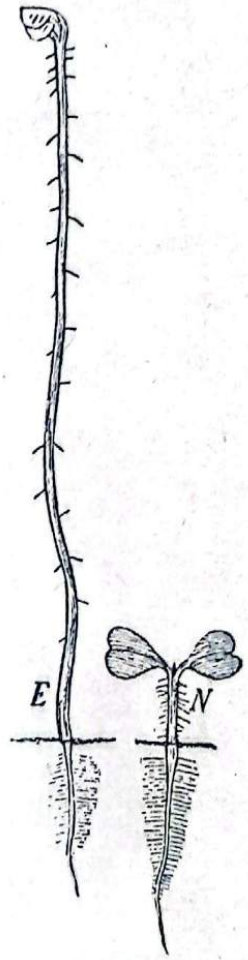
pada 30° C, pada bakteri lain ada jang 40° C. Maximum-suhu pada beberapa matjam bakteri terletak pada titik didih. Dalam sumber air panas terdapat beberapa matjam bakteri dan ganggang, jang masih dapat tumbuh pada 70° C dan lebih.

2°. *Pengaruh tjahaja matahari.* Bidji tanaman jang berketjambah ditempat gelap, akan lebih memandjang dari jang ditumbuhkan ditempat jang terang. *Tjahaja matahari merintangi tumbuh pandjang tanaman.* Tanaman jang tumbuh ditempat gelap, tidak biasa (patut) pandjangnja, *beretiolir* (Gambar 128). Dengan demikian beberapa ketjambah jang tumbuh ditempat gelap atau dibawah tanaman lain, berhasil menudju tempat jang terang.



Gambar 127. Tumbuh-pandjang ketjambah.

3°. *Pengaruh keadaan lembab atau basah.* Pada umumnja tanah jang basah dan udara jang lembab, berpengaruh baik terhadap tumbuh tanaman. Sel² muda didekat titik tumbuh dapat mengisap air dengan tjepat, hingga dalam waktu jang singkat dapat mentjapai besarnja jang tetap. Namun kerapkali kita melihat pohon²berdaun muda dan berbunga pada achir musim kemarau, diwaktu kurang air. Dalam hal ini keadaan luar, agaknja tak berpengaruh; mungkin tumbuhnja daun dan bunga itu akibat dari keadaan didalam tanaman.



Gambar 128. Dua buah ketjambah jang sama usianja, jang kiri tumbuh ditempat gelap, jang kanan ditempat terang.

Zat tumbuh. Penjelidikan menjatakan, bahwa pada tanaman terdapat beberapa zat², jang mempertjepat tumbuh, mula² *zat tumbuh* ini diketahui pada ketjambah haver (Avena) jaitu diudjung coleoptyl (tudung) pembungkus daun² muda. Zat itu dinamai *auxin*. Djuga diputjuk tanaman lain telah diketemukan zat tumbuh.

Apabila sebuah ketjambah haver dikerat putjuknja, terhentilah tumbuhnja. Djika putjuk itu diletakkan diatas sepotong agar², zat penumbuh merembas kedalamnja. Letakkanlah potongan agar itu diatas ketjambah jang tak berputjuk, dan ketjambah tersebut akan tumbuh lagi. Pertjobaan² menundjukkan, bahwa auxin mempertjepat tambah pandjangnja sel dibawah titik pembiak (titik tumbuh). Agaknja dinding² sel itu mudah mulur karenanja; hal ini mempertjepat tumbuhnja sel.

III. GERAK

Dalam peladjaran tentang tumbuhan jang tak sempurna, beberapa matjam gerak telah dibitjarakan. Beberapa matjam tumbuh-tumbuhan diantaranja dapat berpindah seluruhnja, misalnja bakteria, diatomea d.l.l. Ada pula tumbuhan tetap jang dapat menggerakkan beberapa bagiannja. Tjontohnja ialah:

1°. *pergerakan menarik air* (hygroscopik); hal ini terdjadi, djika beberapa sel mengerut karena mendjadi lebih kering, dari sel jang lain, atau menggelembung karena mengisap air.

2°. gerak sebagai akibat dari *tumbuh berat sebelah* (dimasa muda daun pohon paku menggulung karena tumbuhnja bagian bawah amat tjepat; tetapi kemudian membentang, karena bagian atasnja tumbuh lebih tjepat).

Pergerakan hygroscopik, terdapat pula pada tumbuhan bunga (buah petjah), sedangkan gerak karena tumbuh berat sebelah, umum bagi golongan tumbuh-tumbuhan ini (kuntjup bunga atau putjuk daun terbuka, gerakan membelit dari berbagai tanaman).

Dalam *sendi² daun* — jaitu bagian jang menebal pada tangkai daun, sebagian besar tediri dari parenchym — kadang² *turgornja naik-turun*, hingga djaringannja meregang atau mengerut. Karena itu daun² berputarlah, misalnja daun Desmodium gyrans. Daun tersebut madjemuk bertiga, kedua daun pinggir bergerak terputus-putus, dalam waktu jang singkat udjungnja membuat lingkaran.

Kini akan diuraikan beberapa gerak tumbuhan atau bagiannja dibawah pengaruh *perangsang*. Telah kita ketahui beberapa tjontoh. Spora pengembara (kembara) dari ganggang hidjau misalnja, tertarik oleh sinar, karena itu tiba pada tempat jang baik untuk hidupnja. Spermatozoid lumut dan paku tertarik dalam archegonium oleh suatu zat kimia. *Gerak tubuh dibawah pengaruh keadaan luar, disebut taksis.* Apabila gerak ini disebabkan karena pengaruh sinar, disebutnja *fototaksis*; gerak dibawah pengaruh zat kimia dinamai *chemotaksis.*

Tumbuhan jang tetap, bagiannja dapat pula bergerak karena perangsang (penggeretak); gerak ini disebut:

tropisme, kalau arah gerak itu bergantung kepada arah perangsang,

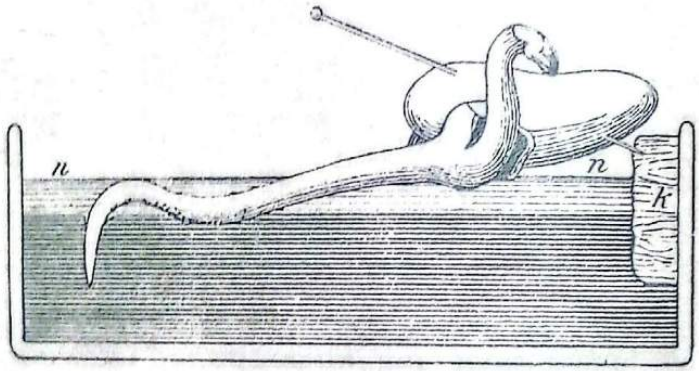
nasti, kalau arah gerak itu ditentukan oleh tumbuhan sendiri, tidak tergantung dari arah datangnja perangsang.

Tropisme. Menurut sifatnja perangsang, terdapat beberapa matjam tropisme. Jang terkenal diantaranja ialah:

a. **Geotropi** atau sifat *membumi*. Perangsangnja disebabkan oleh gaja berat. Suatu bagian tumbuhan jang bergerak *kearah gaja berat*, disebut *membumi positif*, sebaliknja *membumi negatif*.

Sebuah ketjambah jang diletakkan rata, akarnja akan menundjuk kebawah, batangnja keatas. Akar ini sifatnja membumi positif, sedang batang membumi negatif.

Akar ketjambah jang ditumbuhkan diatas air raksa, akan menembus air raksa itu sebagaimana terlihat pada gambar 129. Ini sebagai bukti, bahwa melengkungnja tak disebabkan oleh berat akar itu, karena itu akar tak mungkin menembus air raksa jang mempunjai berat djenis lebih tinggi dari pada akar.



Gambar 129. Udjung akar menembus air raksa.

Letakkanlah beberapa buah ketjambah dibeberapa tempat diatas roda jang berputar per-lahan[2], akarnja nistjaja tumbuh kearah jang tidak tentu. Gaja beratnja sama sekali tak berpengaruh untuk menentukan arah tumbuhnja, karena senantiasa menarik dari arah lain. Njatalah disini, bahwa gaja beratlah jang menentukan arah tumbuh tanaman.

Letakkanlah sebuah tanaman pot, jang biasa tumbuh tegaklurus, mendatar (rata), maka putjuknja akan melengkung keatas. Apabila tanaman itu diikat kepada sebuah keping, jang berputar dan berporos rata, maka putjuk tanaman akan tumbuh rata (Lihat klinostat pada gambar 130). Disinipun pengaruh gaja berat lenjaplah.

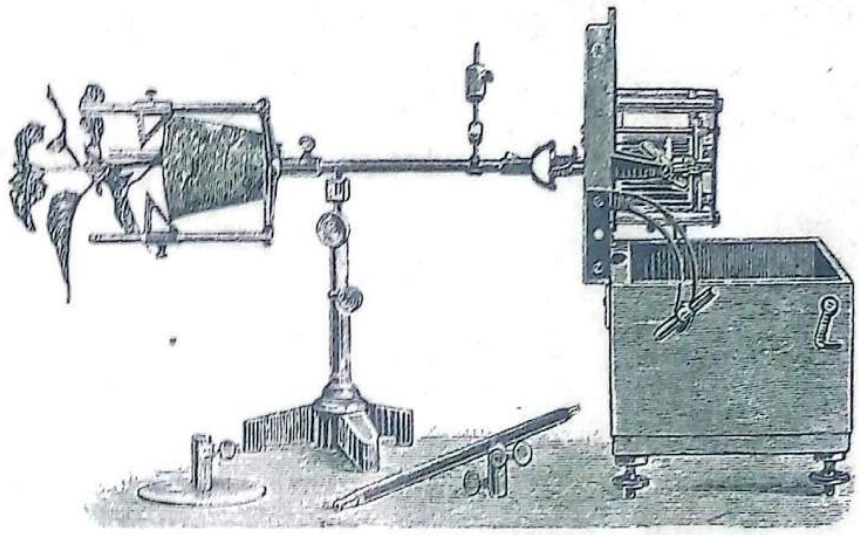
Tidak semua akar membumi positif. Akar napas pohon bakau[3] membumi negatif; tumbuhnja tegak keatas (keluar dari dalam lumpur). Pada batangpun terdapat pengetjualian; rhizoma misalnja,

memilih arah tumbuhnja senantiasa sedjadjar dengan muku tanah. Akar tjabang dan dahan biasanja membuat sudut dengan batang, hingga tertanam miring atau rata pada batang itu.

b. **Fototropi.** Perangsang disebabkan oleh sinar matahari. Batang biasanja menudju kearah sinar, karena itu *fototrop positif*. Hal ini kelihatan njata pada ketjambah jang disinari sebelah. Batang² muda semua membungkuk kearah sinar. Apabila tanaman itu ditaruh diatas sebuah keping rata, jang berputar per-lahan², batangnja mendapat sinar dari berbagai arah. Oleh sebab itu tumbuhnja lurus keatas. Pertjobaan ini menjatakan, bahwa sinar jang datang dari satu arah menjebabkan membungkuknja tanaman.

Daun biasanja memasang mukanja tegak kepada arah sinar, disebutnja *fototrop melintang*.

Kebanjakan akar tidak terpengaruh oleh sinar.



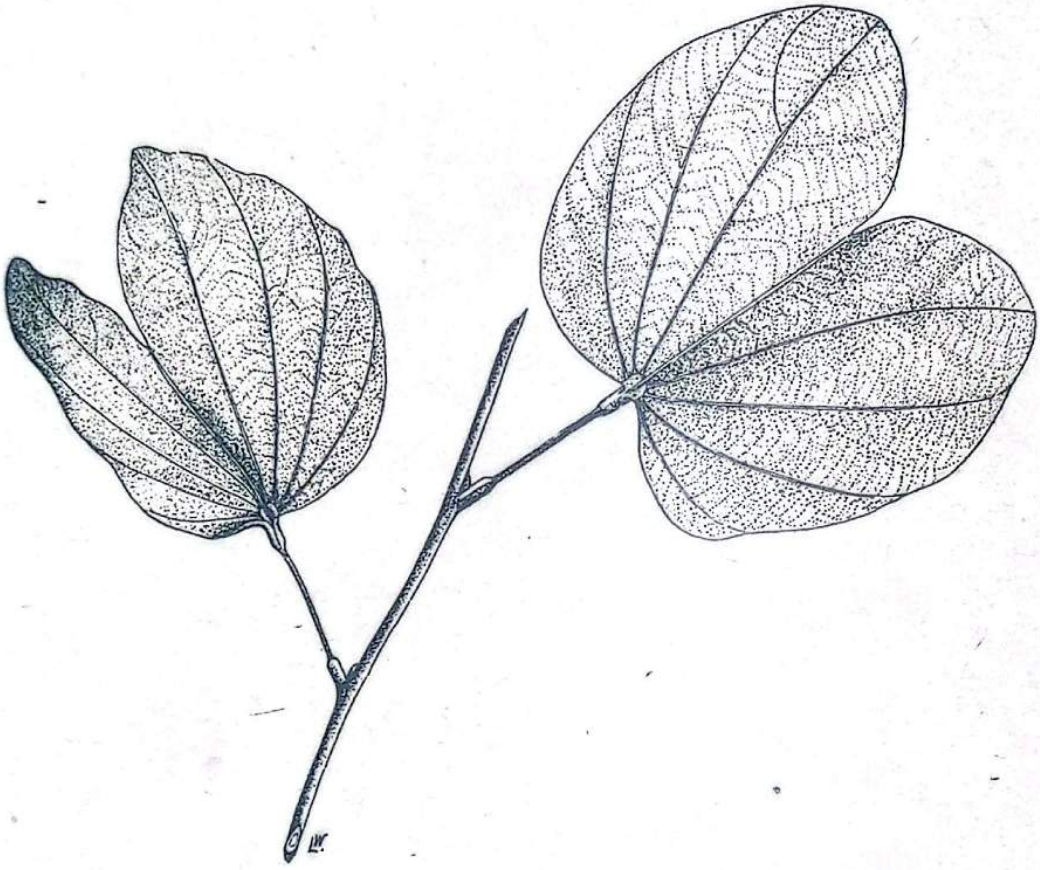
Gambar 130. Klinostat. Keping untuk menaruh tanaman diputarkan dengan sebuah mesin.

Nasti. Djuga nasti terbagi atas beberapa matjam, menurut sifatnja perangsang.

a. **Seismonasti,** jaitu gerak sebagai akibat tumbukan (sentuhan); jang terkenal adalah geraknja rebahbangun (Mimosa pudica). Tanaman ini melipatkan daunnja lalu bergantung, bila disentuh. Pada pangkal daun, pada tangkai anak daun dan pada tangkai daun tumbuhan itu terdapat sendi² daun. Bila disentuh, sel² parenchym dari sendi² ini mengeluarkan air kedalam antar-sel². Oleh sebab itu sel² hilang turgesensinja hingga sendi² daun mendjadi lembik. Selandjutnja perangsang itu mendjalar keseluruh tubuh tanaman, hingga daun² jang tak tersentuhpun melipat pula.

b. **Nyctinasti,** atau tidur daun. Banjak djenis Leguminosae (kihudjan, daun kupu², flamboyant), beberapa djenis Euphor-

biaceae (Phyllanthus) duduknja daun diwaktu malam lain dari pada diwaktu siang. Disinipun timbul perubahan turgor dalam sendi² daun, jang menjebabkan melipatnja daun.



Gambar 131. Daun kupu² (Bauhinia). Sendi² daunnja kelihatan njata.

IV. PEMBIAKAN

Salah suatu pekerdjaan jang penting dari tumbuh-tumbuhan hidup adalah pertukaran zat: tanaman mengisap zat² makanan untuk membuat tubuhnja; hidrat arang dan lemak, kadang² djuga zat lain dipetjahkannja (pernapasan, peragian); zat² kotoran dibuangkannja. Kalau proses² ini tak ada, nistjaja tumbuh-tumbuhan akan mati. Tetapi, walaupun pertukaran zat berlangsung dengan sebaik-baiknja, namun pada suatu saat tenaga hidup tiap² machluk akan berkurang, hingga achirnja matilah djuga machluk itu.

Berhubung dengan hal tersebut maka disamping pertukaran zat, perlu ada proses lain, jaitu pembiakan. Sebelum mati tumbuhan itu harus menurunkan tumbuhan muda, jang mempunjai tenaga hidup lebih dari jang tua. *Pembiakan* adalah *pembaharuan*. Biasanja suatu tumbuhan menurunkan beberapa turunan, hingga bertambahlah djumlah anggautanja dari satu djenis;

karena itu pembiakan bukan sadja pembaharuan, tetapi djuga *perbanjakan*.

Terdjadinja pembiakan kebanjakan karena bagian² ketjil dari tumbuhan itu terpisah kemudian tumbuh mendjadi tanaman baru. Ada dua matjam pembiakan, jakni:

1°. pembiakan *takkawin* atau *vegetatif* dan

2°. pembiakan *kawin* atau *generatif*.

Pada pembiakan takkawin terbentuklah tubuh² jang *tumbuh* dengan kekuatan *sendiri* mendjadi tanaman baru. Biasanja tubuh² ini ketjil dan tidak mengambil makanan banjak dari tumbuhan induk.

Pada pembiakan kawin terbentuk pula tubuh² ketjil, senantiasa terdiri dari sebuah sel. Tubuh² ini tak dapat tumbuh sendiri². Apabila dua djenis *sel kelamin* ini berpadu mendjadi satu, barulah dapat terdjadi tumbuhan baru.

Tjara membiak pelbagai tumbuhan banjak jang sama dan banjak pula jang berbeda. Terutama berdasarkan inilah maka dunia tumbuh-tumbuhan itu terbagi atas empat golongan besar, jakni tumbuhan thallus, lumut, paku² dan tumbuhan bunga. Dibawah ini diuraikan tjara membiaknja tiga golongan besar jang tersebut pertama. Setelah itu akan dibitjarakan tjara pembiakan tumbuhan bunga.

I. PEMBIAKAN THALLOPHYTA.

a. Pembiakan takkawin.

1. Tjara membiak bakteri dan ganggangbiru hampir senantiasa dengan *pembelahan sel*. Satu sel induk membelah mendjadi dua sel anak, jang kelak tumbuh mendjadi tumbuhan baru. Djuga banjak ganggang berseltunggal dan ganggang bentuk benang (Conjugatae dan Diatomea) dapat membiak dengan pembelahan sel.

2. Kebanjakan Thallophyta membuat *spora*, jang terdjadi dalam sel² chusus, jang dinamai *sporangium* (kotak spora). Spora² itu ada jang berbulu-tjambuk, agar dapat bergerak didalam air; hal ini amat penting bagi penjelenggaraan. Spora demikian disebut spora pengembara atau *spora kembara* dan terdapat terutama pada ganggang hidjau, beberapa matjam ganggang perang dan djamur-ganggang. Spora jang tak berbulu-tjambuk, tak dapat bergerak sendiri, karena itu tersebar dengan air atau angin.

b. Pembiakan kawin.

1. Pada Conjugatae jang berseltunggal, protoplast dari dua buah tumbuhan berpadu mendjadi satu, setelah membuangkan dinding selnja. Hasil perpaduan berdinding tebal, disebutnja *zygospora*, kelak tumbuh mendjadi dua atau empat buah tumbuhan baru.

Pada Conjugatae jang berbentuk benang, misalnja Spirogyra (Gambar 7) dua utas benang melekat satu dengan jang lain. Diantara kedua sel kemudian timbul sebuah pipa penghubung; melalui pipa ini bersatulah protoplast dari kedua sel. Hasil perpaduan setjara demikianpun mendjadi zygospora jang berdinding tebal. Tiap² zygospora dapat tumbuh mendjadi benang ganggang baru.

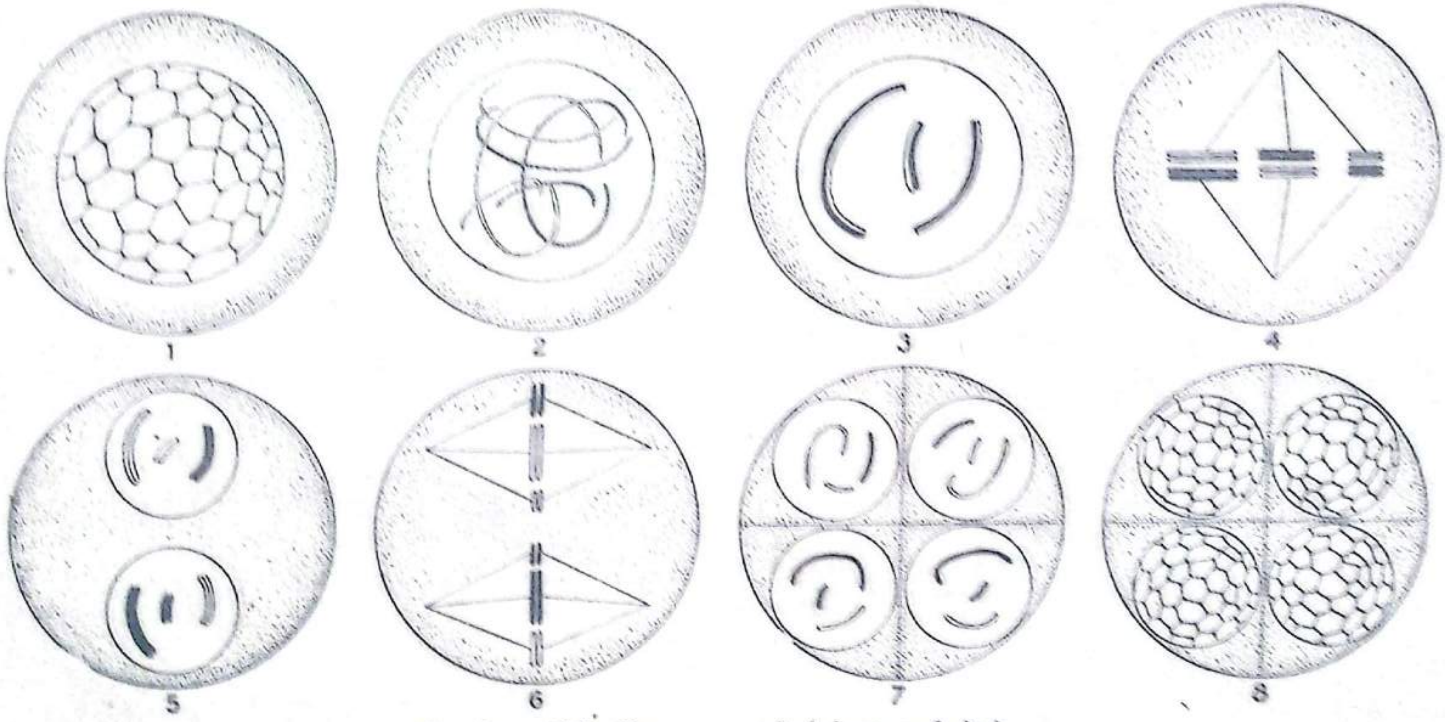
2. Kebanjakan Thallophyta membuat sel² pembiak chusus, disebutnja *sel²-kelamin*, jang melebur berdua-dua. Apabila kedua sel jang melebur itu, sama besarnja dan sama pula bentuknja, disebutnja *gamete* (selkelamin); hasil perpaduan dinamai *zygote*. Tjontoh: gangganghidjau [1]).

Kerapkali sel² jang berkelamin itu, tidak sama besarnja. Jang pertama besar dan tak bergerak, sedangkan jang lain ketjil dan bergerak. Jang pertama ialah *sel betina* atau *seltelur*, jang lain *sel djantan* atau *spermatozoid*. Apabila sebuah spermatozoid berpadu dengan seltelur, seltelur itu dibuahi. Seltelur jang telah dibuahi dapat tumbuh mendjadi tumbuhan baru. Tjara pembuahan demikian terdapat banjak pada ganggang² dan djamurganggang.

Perhatian: Pada pembiakan-kawin perpaduan dua selkelamin disertai dengan perpaduan inti²nja. Dahulu telah dikatakan bahwa tiap² inti mempunjai sedjumlah pembawa sifat (chromosom). Dalam perpaduan dua selkelamin, pembawa² sifat tidak melebur. Misalkan banjaknja chromosom dalam tiap² sel = n, maka banjaknja dalam hasil perpaduan = 2 n. Tumbuhan baru jang terdjadi dari hasil perpaduan itu, mengandung pula 2 n pembawa sifat, karena tiap² chromosom itu membelah. Misalkan kini, tumbuhan baru itu membuat sel²-kelamin jang berchromosom 2 n pula, nistjaja setelah berkawin, hasil perpaduannja akan berchromosom 4 n. Selandjutnja dengan demikian pada tiap² perbuahan akan melipatlah banjaknja pembawa sifat dalam turunan² tumbuhan itu, hingga achirnja tak terbataslah banjaknja chromosom itu. Tetapi tidak demikian halnja: *banjaknja pembawa sifat dalam sesuatu djenis tumbuhan senantiasa tetap*, artinja tiap² turunan mengandung pembawa sifat sama banjaknja dengan tumbuhan induk. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut: ketika berkelamin banjaknja chromosom memperdua, tetapi sebelum terdjadi pembuahan selandjutnja, djumlah pembawa sifat itu harus terbagi dua. Pengurangan terdjadi dengan adanja pembelahan sel dua kali berturut-turut, jang disebut *pembelahan reduksi*. Berlainan dengan pembelahan sel biasa, pembawa² sifat tidak membelah membudjur, tetapi djumlahnja (2 n) terbagi dua dan masing² (n) bagian menudju kutub. (Gambar 132). Setelah itu segera terdjadi pembe-

---

[1]) Nama gamete dan zygote kadang² dipergunakan dalam arti jang lebih luas. Dalam ilmu kebakaan misalnja orang biasa menjebut selkelamin gamete, dan hasil peleburan dua selkelamin zygote.



Gambar 132. Skema pembelahan reduksi.

lahan biasa, dalam hal ini tiap² chromosom membelahlah. Dengan demikian dari sebuah inti jang mengandung 2 *n* pembawa sifat terdjadi 4 buah anak inti, masing² mengandung *n* chromosom. Inti jang mengandung 2*n* chromosom dinamai *diploïd*, jang mengandung *n* chromosom *haploïd*. Kata² istilah ini djuga lazim dipakai untuk seluruh tumbuhan. Pada Conjugatae tumbuhan biasa adalah haploid, zygospora diploid. Didalam zygospora setelah beristirahat, terdjadi *pembelahan reduksi*. Tumbuhan baru jang timbul dari zygospora, haploid lagi, sebagaimana djuga tumbuhan induk zygosporanja.

Pada golongan² tumbuhan jang lain, umpamanja: lumut, paku dan tumbuhan bunga, senantiasa terdapat pembuahan biasa, dalam hal ini banjaknja pembawa sifat berganda. Dalam tumbuh selandjutnja tentu terdjadi pembelahan reduksi. Dalam pasal ,,kebakaan'' akan ternjata, bagaimana pentingnja pembelahan reduksi itu. Oleh sebab itu, baiklah disini hal ini diuraikan lebih djelas.

Pembelahan reduksi. Pada Gambar 132 djalannja pembelahan reduksi digambarkan dengan singkat:

Gambar 132 — 1 jaitu gambar sebuah sel, jang belum membelah. Pada (2) terlepaslah beberapa benang halus dari rangka inti. Hal ini telah kita lihat djuga dalam pembelahan biasa, hanja ada satu perbedaan jakni: benangnja mula² tunggal (2), sedangkan dalam pembelahan biasa berganda.

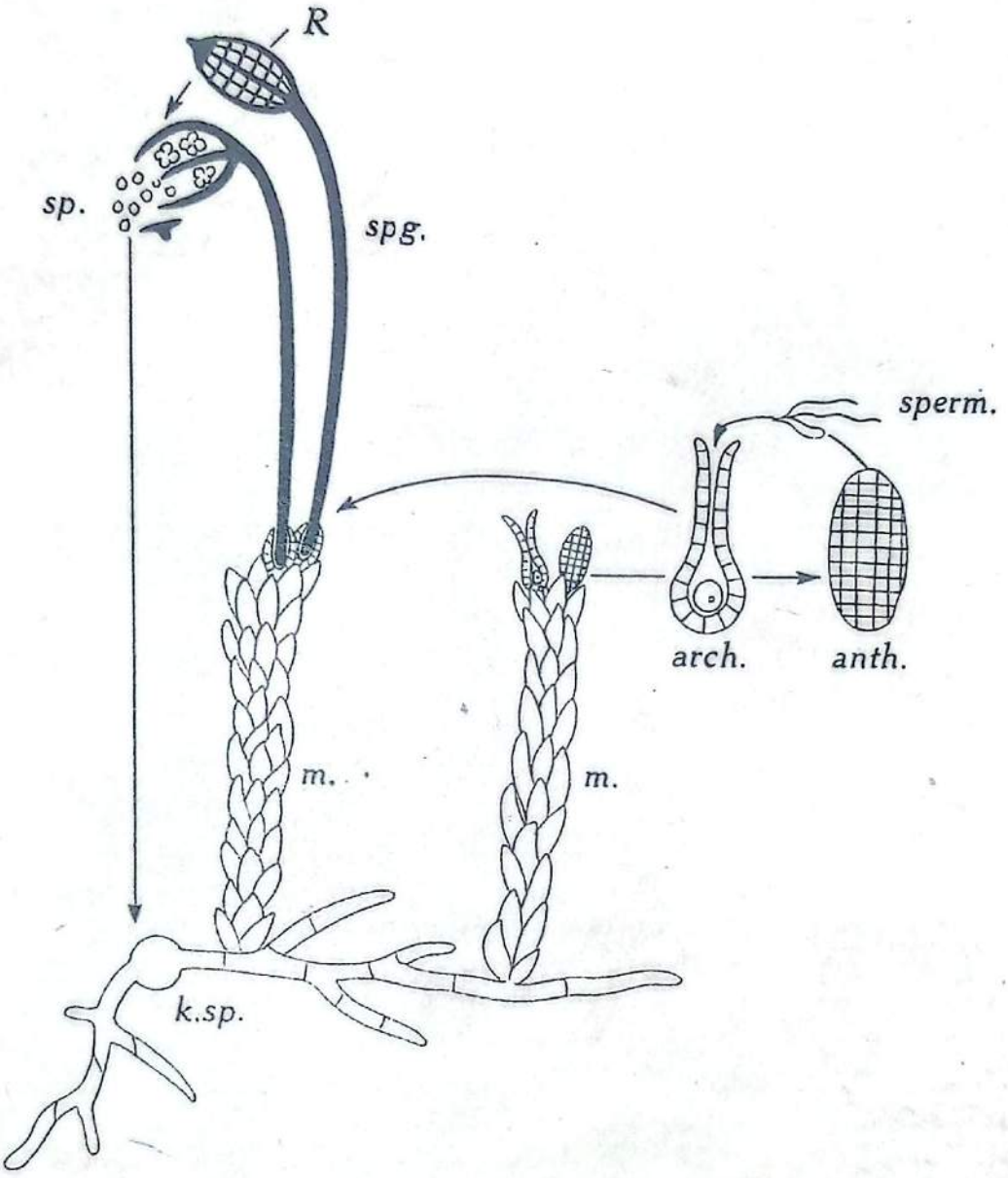
Selandjutnja benang² itu memandak mendjadi pembawa sifat. Sementara itu berpasanganlah chromosom itu dua² (3). Tiap² pasangan terdiri dari chromosom² jang hampir sama rupanja (homoloog), jang pertama berasal dari selkelamin djantan, jang lain dari selkelamin betina.

Bersamaan dengan memandak dan menebalnja pembawa sifat itu membelah membudjur membelah pula. Dengan demikian tiap² pasangan chromosom terdiri dari empat belahan (tengahan). Sementara itu lenjaplah dinding inti dan timbullah sebuah *gelendong inti*. Pasangan² pembawa sifat kemudian berkumpul pada penampang tengah (4). Setelah itu berpisahanlah chromosom² itu bukan seperdua²nja sebagaimana dengan pembelahan sel biasa, tetapi sechromosom²-nja; chromosom² dari *tiap² pasangan menudju kekutubnja masing² dari gelendong inti*. (4, 5)

Pembelahan pertama segera diikuti dengan jang kedua, dalam mana belahan² chromosom itu berpisahlah (6); pembelahan ini sama dengan pembelahan inti biasa. Pada ke-empat kutub gelendong² itu, jang terdjadi pada achir pembelahan reduksi, timbullah pula empat buah inti baru. *Dari sebuah inti diploid* (2 *n*) *dengan demikian terdjadilah empat buah inti haploïd* (*n*).

II. PEMBIAKAN LUMUT.

Pada lumut (Gambar 133) pembiakan kawin dan takkawin senantiasa bergilir. Tumbuhan lumut jang sebenarnja membuat sel²-kelamin, jang tumbuh pada tubuh² chusus: dalam *antheridium*



Gambar 133. Skema pergiliran turunan pada lumut. Turunan $2n$ digambar dengan garis tebal, turunan n dengan garis tipis. *pr* = protonema; *m* = tumbuhan lumut; *anth* = antheridium; *arch* = archegonium dengan seltelur; *sperm* = spermatozoid; *spg* = sporogonium; pada R = pembelahan reduksi; *sp* = spora; *k.sp* = spora jang telah tumbuh.

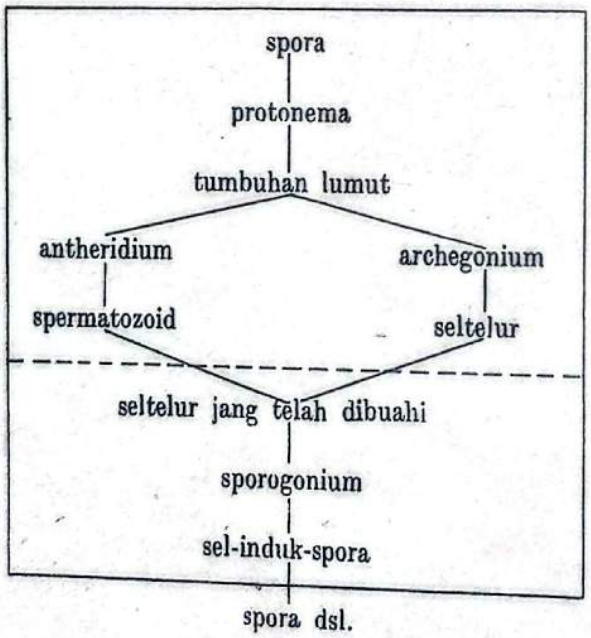
timbul banjak sel²-kelamin djantan jang dapat bergerak (*spermatozoid*); sedangkan didalam archegonium timbul sebuah selkelamin betina jang tak bergerak (*seltelur*). Seltelur berpadu dengan

spermatozoid kemudian tumbuh mendjadi *sporogonium*, jaitu sebuah tumbuhan baru. Sporogonium membuat spora². Spora² ini tumbuh mendjadi sebuah *protonema* jang berbentuk benang serta bertjabang. Diatas protonema ini terdjadi tumbuhan lumut, jaitu turunan perkawinan (*gametophyt*); adapun sporogonium turunan pembiakan takkawin (*sporophyt*). Kedua turunan itu senantiasa bergilir.

Misalkan banjaknja pembawa sifat dari sebuah selkelamin = n; seltelur jang telah dibuahi mengandung 2 n chromosom. Dengan pembelahan sel biasa timbul sebuah sporogonium berisi 2 n pembawa sifat. Reduksinja (pengurangan) terdjadi diwaktu pembentukan spora. Didalam sporogonium mula² terdjadi sel²-induk-spora dengan 2 n chromosom. Setelah pembelahan reduksi sebuah sel-induk-spora jang berisi 2 n chromosom terdjadilah empat spora, masing² mengandung n chromosom. Dengan pembelahan biasa, sebuah spora tumbuh mendjadi protonema dan selandjutnja tumbuhan lumut berisi n chromosom pula.

Dari hal² jang tersebut diatas, njatalah bahwa turunan-kawin mengandung n pembawa sifat, sedang turunan-takkawin mempunjai pembawa sifat 2 n. Oleh sebab itu turunan-kawin djuga disebut turunan n atau *haplont*, turunan-tak-kawin *turunan* 2 n atau *diplont*.

Djalannja pembiakan lumut dan sifat chromosom dapat digambarkan sebagai berikut:



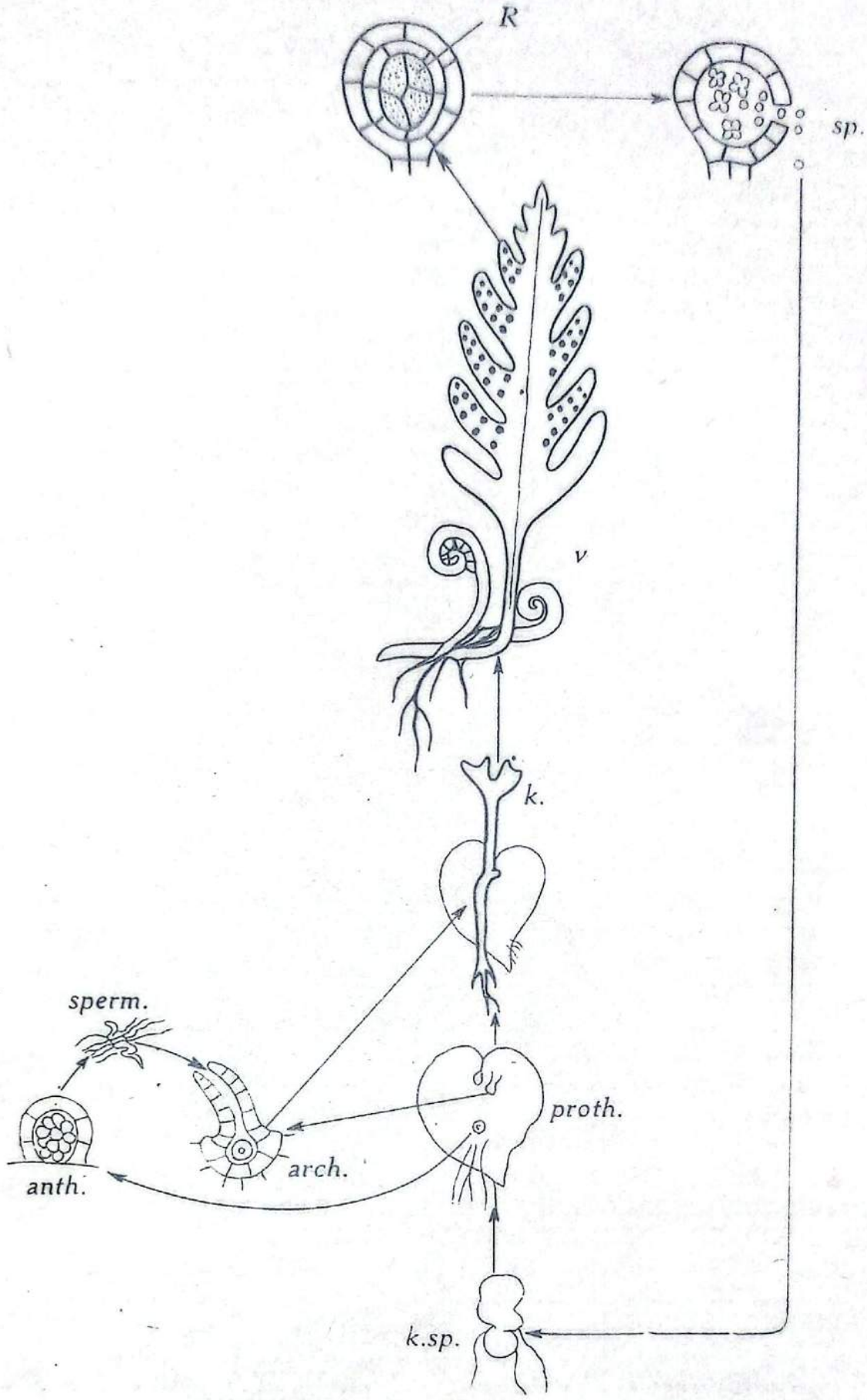
turunan-kawin
= turunan n
= haplont

turunan-takkawin
= turunan 2 n
= diplont.

III. PEMBIAKAN PAKU².

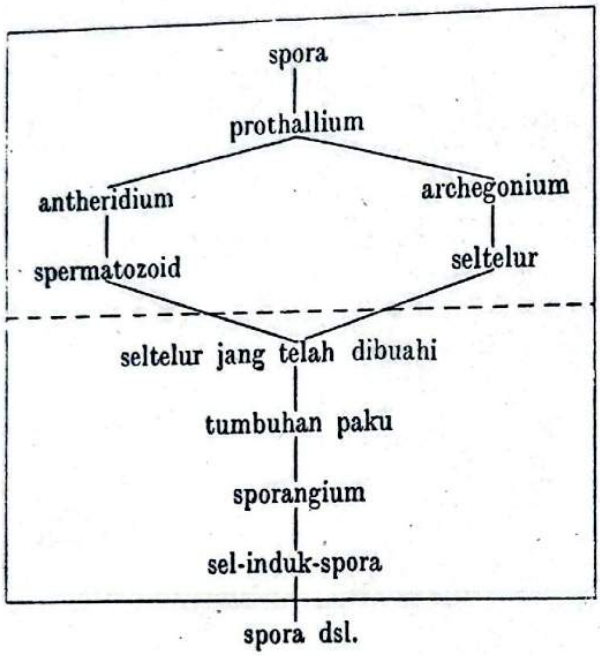
a. **Paku biasa** (Filicinae).

Sebagai djuga lumut pada pakupun terdapat pergiliran turunan jang njata (Gambar 134). Turunan n mulai pada spora. Spora tumbuh



Gambar 134. Skema pergiliran turunan pada paku; turunan *n* digambar dengan garis tipis, turunan 2 *n* dengan garis tebal. *sp* = spora; *k. sp* = spora jang tumbuh; *proth* = prothallium; *anth.* = antheridium; *arch* = archegonium dengan seltelur; *sperm* = spermatozoid; *k* = ketjambah paku; *v* = tumbuhan paku dengan daun berspora; pada *R* = pembelahan reduksi.

mendjadi sebuah *prothallium;* diatasnja timbul antheridium jang berisi spermatozoid serta archegonium, masing berisi sebuah seltelur. Seltelur jang telah dibuahi mengandung 2 *n* pembawa sifat; dengan djalan pembelahan biasa dari seltelur itu terdjadilah *tumbuhan paku*. Tumbuhan ini membuat sporangium, kerapkali pada daun jang chusus (daun spora atau *sporophyl*). Dalam sporangium ini timbul sel-induk-spora, jang terpetjah dalam empat spora dengan reduksi dari banjaknja chromosom. Skema:



turunan-kawin
= turunan *n*
= haplont

turunan-takkawin
= turunan 2 *n*
= diplont.

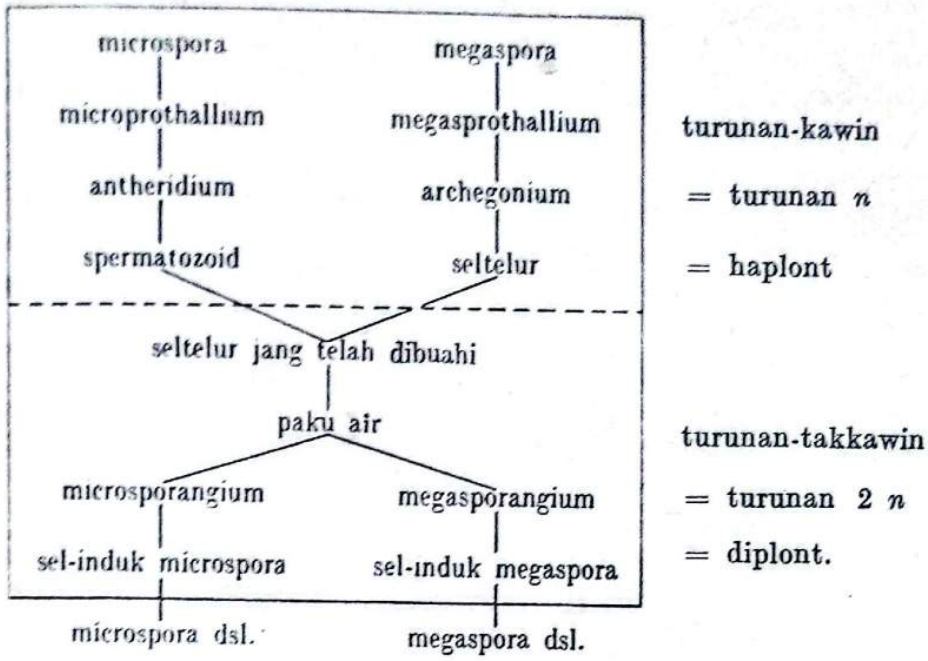
b. **Paku-air.** Paku air berbeda dari paku biasa terutama karena paku itu terbagi (berdifferensiasi) dalam *microspora* (ketjil) dan *megaspora* (besar).

Microspora (*n* chromosom) tumbuh mendjadi *microprothallium* (djantan), sedangkan megaspora (*n* chromosom) mendjadi *megaprothallium* (betina).

Microprothallium hanja membuat antheridium dengan spermatozoid (*n*); diatas megaprothallium tumbuh archegonium^2, masing^2 berisi sebuah seltelur (*n*).

Seltelur jang telah membuah 2 *n* tumbuh mendjadi paku air. Diatas daunnja jang chusus (berubah bentuknja mendjadi kotak tertutup, = *buah spora*) timbul *micro- dan megasporangium*. Jang pertama membentuk sel-induk-microspora (2 *n*), setelah pembelahan reduksi memetjah dalam empat buah microspora (*n*). Jang kedua membentuk sel-induk-megaspora (2 *n*) jang, setelah pembelahan reduksi, mendjadi pula empat buah anak sel. Dari empat buah anak sel itu, jang tiga buah mati, hingga tinggallah sebuah megaspora (*n*); dengan demikian dari tiap^2 sel-induk megaspora hanja terdjadi sebuah megaspora.

Skema:



c. **Ekor kuda** dan **paku rambut** pembiakannja sama dengan paku biasa; mempunjai pula satu matjam spora.

d. **Selaginellaceae** pembiakannja sama dengan paku air, jaitu membentuk micro- dan megaspora.

Perhatian:

1. Jang terpenting pada lumut gametophyt, karena lebih nampak serta usianjapun pandjang, sedangkan sporophyt tak lama hidupnja.

Sebaliknja pada paku biasa gametophyt terdesak oleh sporophyt, hingga bentuknja ketjil dan berumur pendek, sedangkan sporophyt tubuhnja sempurna serta umurnja pandjang.

Pada paku air dan Selaginellaceae pembelahan reduksi gametophyt lebih keras, tambahan pula gametophyt itu berdifferensiasi atas: microprothallium (djantan) dan megaprothallium (betina).

2. Paku² jang berspora sematjam, disebut *homospoor*, (berspora satu) jang membuat micro- dan megaspora *heterospoor* (berspora tidak sama). Oleh sebab itu kadang² paku² itu dibagi atas Pteridophyt homospoor dan Pteridophyt heterospoor.

IV. PEMBIAKAN TUMBUHAN BUNGA.

Pembiakan tumbuhan bunga dalam garis besarnja sama dengan pembiakan paku² heterospoor. Tumbuhan bunga jang sebenarnja, menghasilkan micro- dan megaspora, jaitu sporophyt (2 *n*); gametophytnja (*n*) tak sempurna.

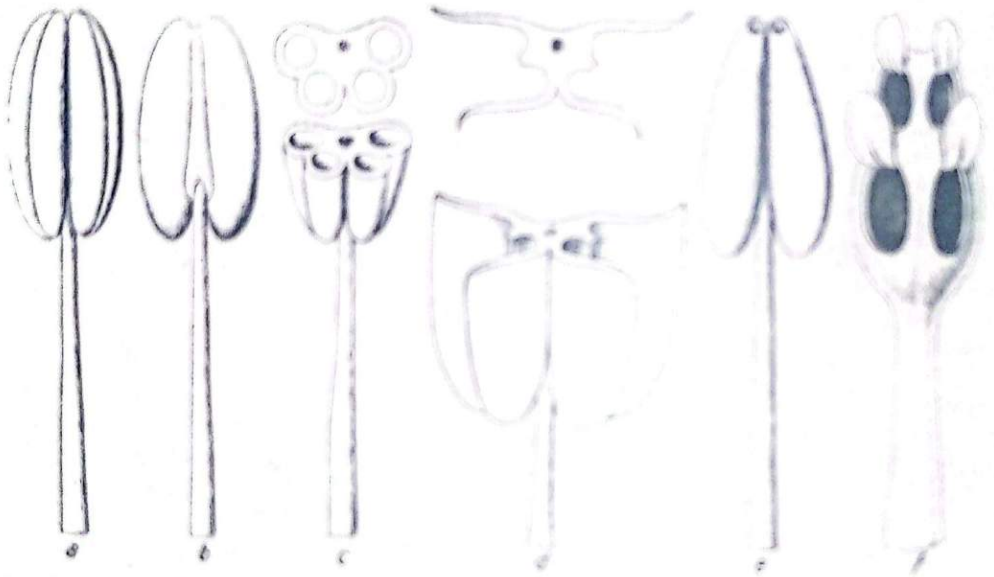
Tumbuhan bunga dibagi atas *tumbuhan bidji terbuka* (Gymno-

sperm) dan *tumbuhan bidji tertutup* (Angiosperm). Disini akan dibitjarakan, terutama tumbuhan bidji tertutup, jaitu golongan jang terbesar.

Turunan 2 *n* menghasilkan bunga. Bunga itu dapat diumpamakan sebuah dahan berdaun; bentuk dan tugasnja sedikit banjak berbeda dari jang biasa. Kadang² ada daun jang mendjadi sporophyl: *benangsarinja menghasilkan microspora, karena itu = microsporophyl; daun buahnja membentuk megaspora, oleh sebab itu = megasporophyl.*

Terdjadinja microspora:

Biasanja *benang sari* (microsporophyl, Gambar 135) itu terdiri dari tangkai sari dan kepala sari. Jang disebut kemudian, mula²



Gambar 135. Benang sari. *a* dan *b* benang sari dilihat dari berbagai djurusan; *c* kepala sari, dipotong tengahnja akan memperlihatkan kandung² serbuk; diatasnja penampang melintanguja; *d*, *e* dan *f* kepala putik jang terbuka, masing² dengan tjelah² pandjang, pori² dan katup² (klep) (*d* dikerat sebagai *e*).

mengandung empat buah *kandung serbuk* (microsporangium, Gambar 135 dan 139); didalamnja timbul *sel²-induk serbuk* (sel-induk microspora) berisi 2 *n* pembawa sifat. Setelah pembelahan reduksi terdjadilah dari tiap² sel induk *serbuk* empat *butir serbuk* (microspora) masing² mengandung *n* pembawa sifat. Kepala sari dapat terbuka dengan berbagai-bagai tjara untuk mengeluarkan serbuk, biasanja bertjelah-tjelah pada pandjanguja (Gambar 135).

Butir serbuk berdinding dua lapis, dinding luar seperti kaju gabus (exin), dinding dalam (intine) dibuat dari cellulose.

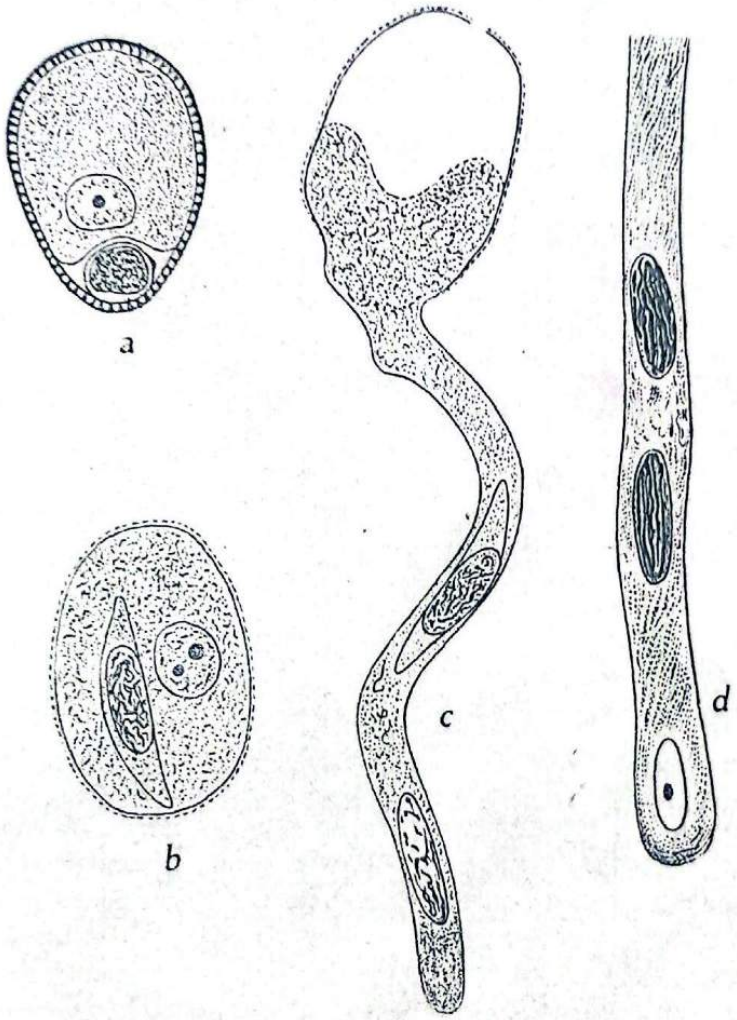
Pertumbuhan microspora:

Butir serbuk mula² berseltunggal, tetapi segera membelah dalam dua buah sel, jaitu jang *takkawin* (vegetatif) dan jang *kawin* (generatif)

(Gambar 136*a* dan *b*). Kerapkali sel² itu tak berdinding sendiri², hingga dapat djuga disebutkan *inti-takkawin* dan *inti-kawin*. Jang tersebut belakangan segera membelah dalam dua buah *inti-sperma*.

Terdjadinja megaspora:

Daun buah (megasporophyl) mengandung *mata bidji* (megasporangium). Kadang² suatu bunga hanja berdaun-buah satu (djenis² katjang), tetapi kebanjakan berdaun-buah lebih dari satu, daun²

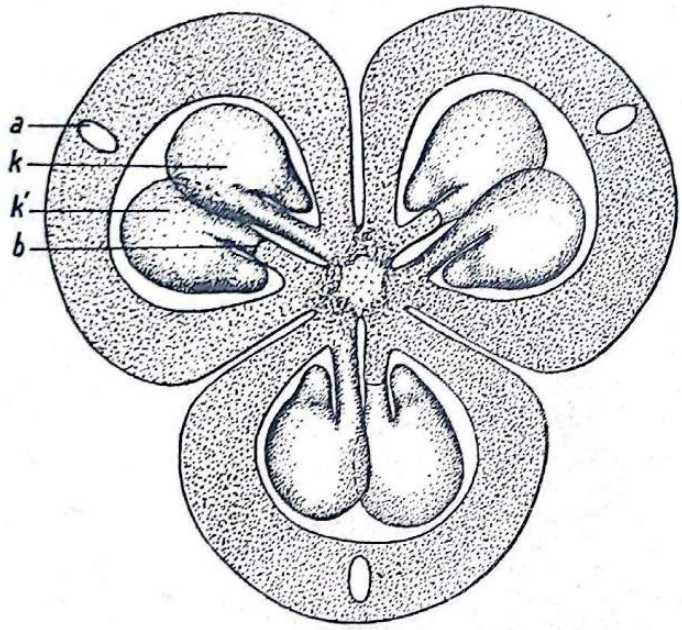


Gambar 136. *a* butir serbuk terbagi dalam dua buah sel; *b* idem dengan inti-takkawin dan inti-kawin jang berbentuk gelendong; *c* butir serbuk sedang tumbuh; didalam buluh, dimuka inti-takkawin, dibelakangnja sel-kawin; *d* udjung buluh serbuk jang tua; dimuka inti-takkawin, dibelakangnja dua buah inti-sperma, jang timbul dari pembelahan sel-kawin.

buah biasanja berlekatan (Gambar 137). Mata bidji (Gambar 139) terdiri dari *djaringan mata bidji* (nucellus), biasanja diliputi dengan dua *selaput bakal bidji* (integumen). Antara integumen² diudjungnja terdapat sebuah lubang ketjil (*pintu* = micropil). Mata bidji tertanam dengan tangkainja (*tali pusat* atau funiculus) pada tepi daun-

buah (pembawa bidji atau placenta). Didalam tangkai tersebut terdapat sebuah ikatan pembuluh sampai dibawah nucellus. Kebanjakan mata bidji membungkuk, hingga micropil menundjuk kebawah dan terletak dibawah udjung ikatan pembuluh (Gambar 139).

Didalam djaringan bakal buah timbul sebuah *sel-induk kandung lembaga* (sel induk megaspora) — berisi 2 *n* pembawa sifat — (Gambar 138) jang membelah reduksi. Tiga dari empat buah sel anak mati; jang ke-empat mendjadi *kandung-lembaga* atau *kandung embryo* (megaspora) berisi *n* chromosom.



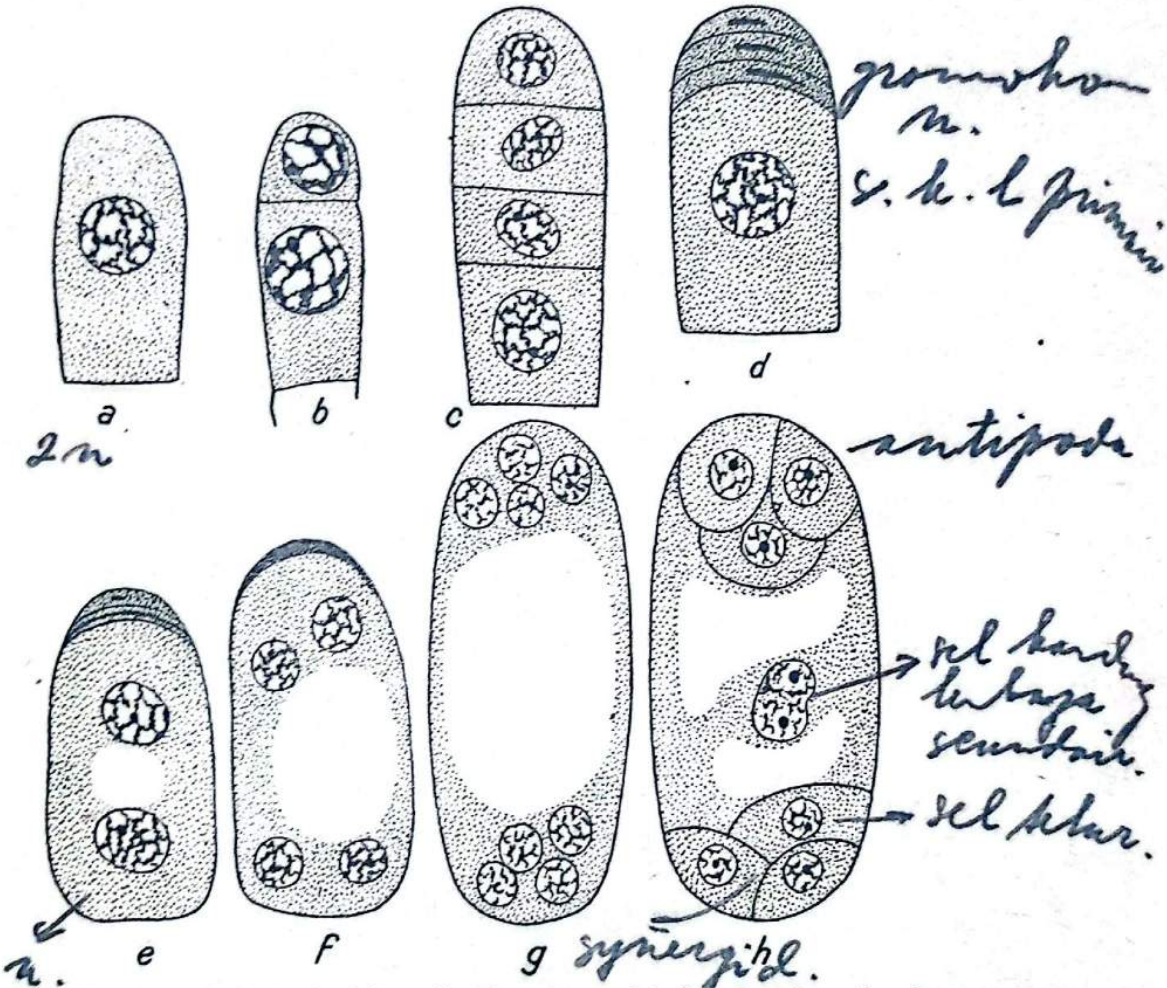
Gambar 137. Penampang rata daun² buah jang berlekatan dari bunga sungsang (Gloriosa superba). *a* tulang-tengah daun-buah; tepi belahan daun-buah; *k* dan *k'* mata bidji (*k* tertanam lebih tinggi dari k').

Tumbuhnja megaspora (Gambar 138 *e—h*) [1]).

Kandung lembaga mula² berinti satu, jakni inti *kandung lembaga primair*. Inti itu membelah; kedua anak inti biasanja masing² menudju kekutub kandung lembaga. Disini kedua inti tadi, membelah lagi, hingga terdjadi empat buah inti; kemudian membelah sekali lagi; maka terdjadilah delapan buah inti. Dua diantaranja jaitu *inti kutub* menudju ketengah kandung lembaga dan disana bersatulah mendjadi *inti kandung lembaga sekonder*. Inti² jang enam buah lagi meliputi dirinja dengan selapis plasma, masing² mendjadi sel tersendiri. Tiga diantaranja menudju kearah bagian kandung

[1]) Pada kebanjakan tumbuhan tumbuhnja megaspora menjimpang dari jang tertjantum pada Gambar 138.

lembaga jang berhadapan dengan micropil. Disini sel² itu membangun *alat telur* (dapat dipandang sebagai archegonium jang tak sempurna); jang terdiri dari sebuah *seltelur* dan dua buah *pembantu* (synergid). Sel² jang tiga lagi menudju kutub kandung lembaga, jang berhadapan dengan alat telur, disebutnja *antipoda* (Gambar 138*h* dan 139). Kini kandung lembaga telah masak untuk membuah.



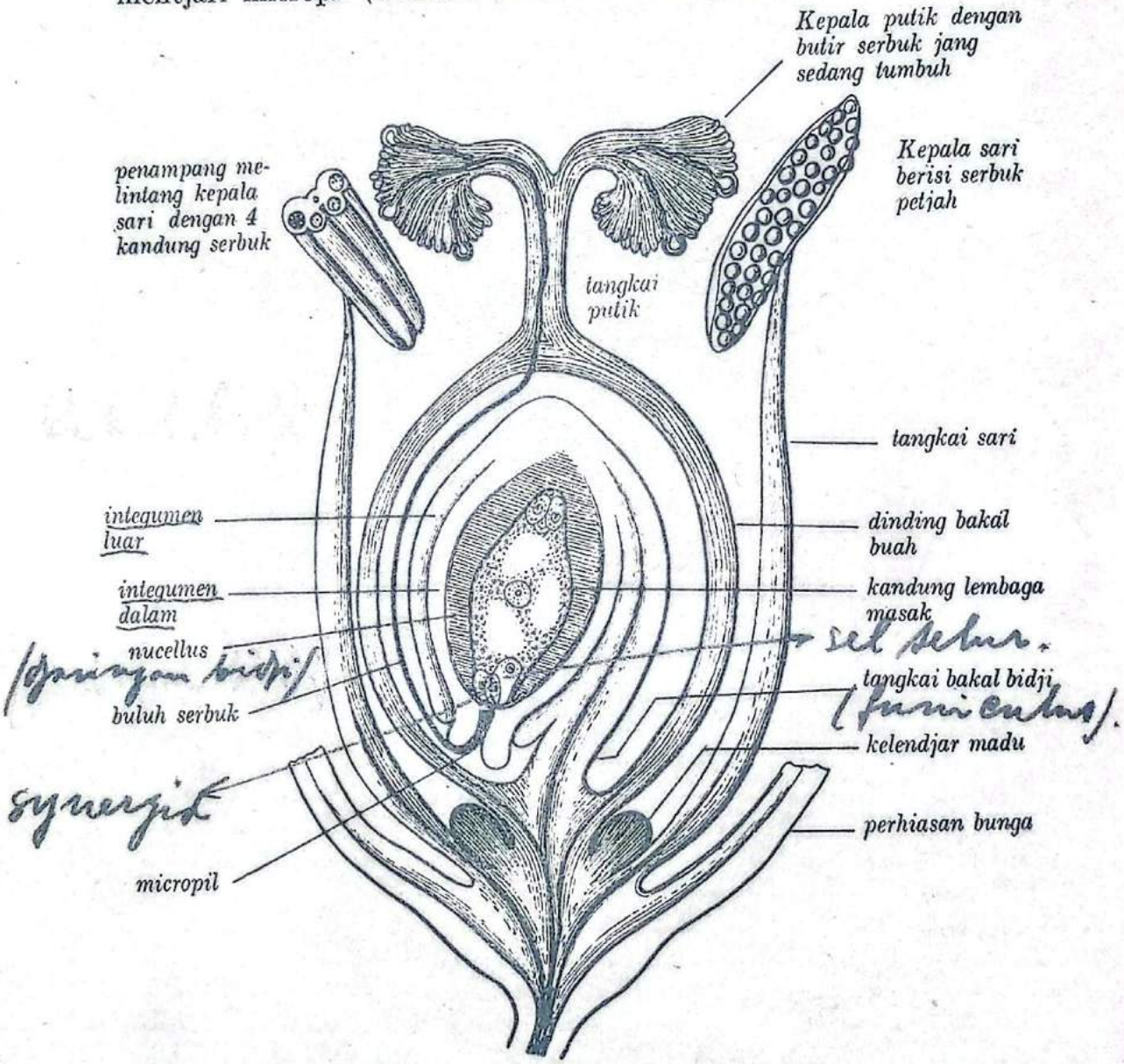
Gambar 138. Tumbuhnja kandung lembaga. *a* sel induk kandung lembaga; *b* dan *c* perbelahan *a* mendjadi 4 buah sel anak (pembelahan reduksi); *d—f* 3 dari 4 anak sel mati; *e—g* perbelahan inti kandung lembaga pertama dalam 8 anak inti; *h* kandung embryo jang telah masak; diatas alat telur, ditengah peleburan kedua inti kutub mendjadi inti kandunglembaga sekonder, dibawah antipodanja.

Pembuahan:

Apabila butir serbuk tiba pada kepala putik bunga, maka disini diisapnja air dari lendir putik [1]). Oleh sebab itu butir serbuk

[1]) Kerapkali butir² serbuk mempunjai nilai osmotis tinggi, hingga dengan mudah dapat mengisap air dengan osmosa. Beberapa matjam butir serbuk (misalnja dari Thunbergia grandiflora) dalam setitik air bila ditaruh dibawah mikroskop, kelibatan segera petjah, karena mengisap air terlalu banjak.

bengkaklah, exinnja petjah [1]); isinja terbungkus dengan intine timbul sebagai buluh serbuk (Gambar 136*c*). Pembuluh itu, menembus kedalam djaringan tangkai putik jang amat lunak, lalu mentjari micropil (Gambar 139). Tumbuhnja buluh serbuk diatur



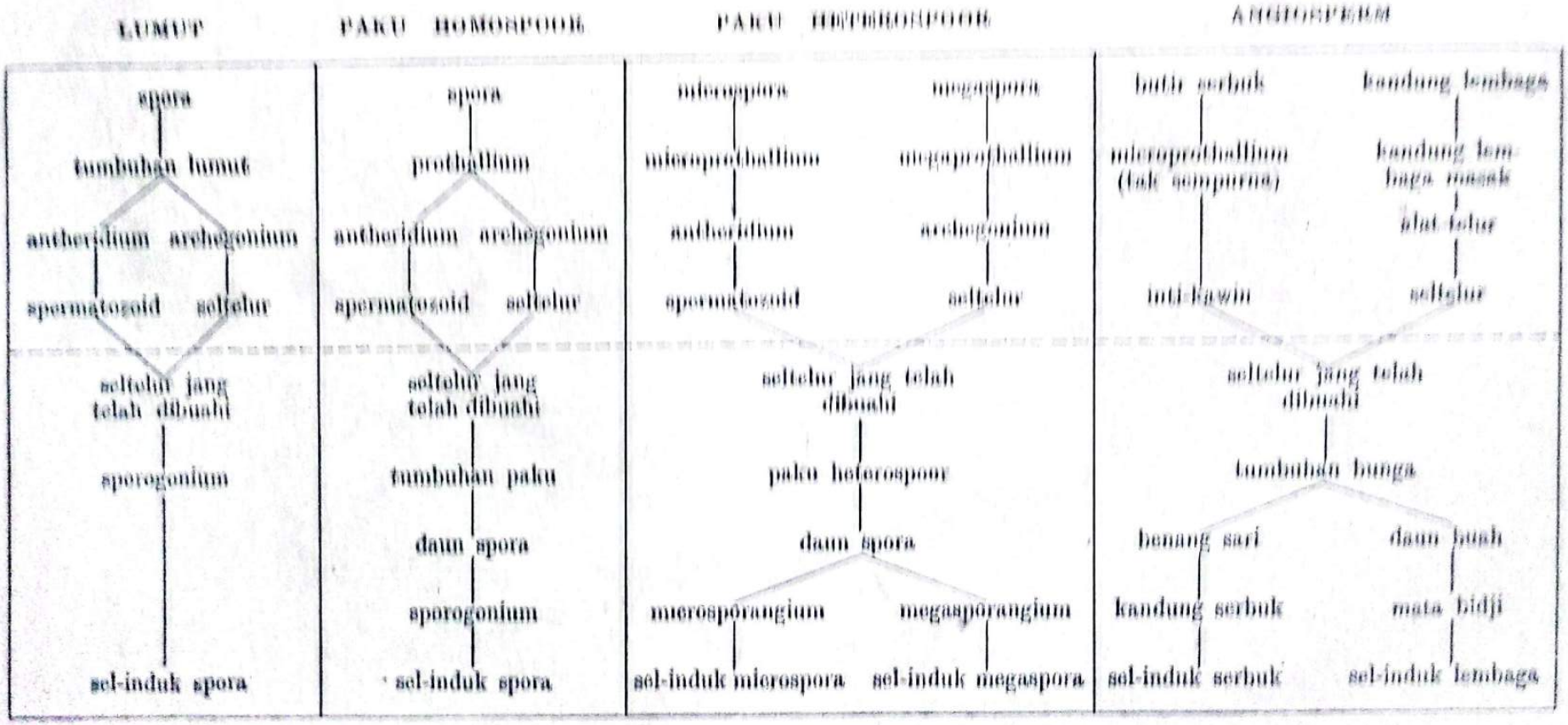
Gambar 139. Skema penampang jang membudjur bunga serta berisi sebuah bakal bidji.

oleh inti-takkawin, jang senantiasa ada dimuka. Inti[2]-spermapun memasuki buluh serbuk (Gambar 136*d*).

Bila buluh serbuk telah tiba pada micropil, maka udjungnja berlendirlah, sementara itu inti-takkawin mati. Kedua inti-sperma memasuki kandung lembaga dengan bantuan synergid. Inti-sperma

[1]) Kerapkali pada exin terdapat bagian[s], jang mudah terlepas atau tempat[s] jang tipis, disebut pori lembaga, jang mudah petjah.

KHTISAR PERKEMBANGAN TURUNAN PADA LUMUT, PAKU HOMOSPOOR, PAKU HETEROSPOOR DAN ANGIOSPERM



jang satu meleburlah dengan inti telur, jang lain dengan inti kandung lembaga sekonder.

Perpaduan dua buah inti dinamai pembuahan; karena disini ada dua pasang inti jang melebur, maka pembuahan itu dinamai *pembuahan berganda.*

Seltelur jang telah dibuahi segera membelah lalu tumbuh mendjadi *lembaga* (*embryo*), jaitu sebuah tumbuhan muda jang sempurna, berakar dan berbatang dengan sepasang daun.

Inti kandung lembaga sekonder, jang telah dibuahi, pun membelah dan menghasilkan sebuah djaringan, jang kemudian terisi dengan *makanan tjadangan.* Ini memberi makan kepada tumbuhan muda hingga dapat mentjari makanan sendiri.

Nucellus tidak tumbuh lagi. Selaput telurnja (integumen) mendjadi kulit bidji dalam dan kulit bidji luar. *Seluruh mata bidji mendjadi bidji.*

Perhatian. Microspora tumbuh mendjadi microprothallium. Pada Angiosperm microprothallium itu tidak sempurna.

Megaspora tumbuh mendjadi megaprothallium, inipun kurang sempurna, tetapi lebih sempurna dari microprothallium; didalam alat telurnja masih kelihatan archegonium, walaupun kurang sempurna. Bagian prothallium, jang mengurus makanan pada paku²an, dan karenanja berhidjau daun, pada Angiosperm tidak berarti, karena megasporanja tetap berhubungan dengan tumbuhan induk dan senantiasa menerima makanannja melalui ikatan pembuluh dalam funiculus.

TAMBAHAN.

1. Penjerbukan.

Menjerbuk adalah *melekatkan serbuk* dari kepala sari keatas kepala putik.

Sebutir serbuk hanja dapat membuahkan sebuah mata bidji. Dalam bakal buah kadang² terdapat mata bidji banjak. Untuk membuahkan semua itu, harus banjak pula butir² serbuk.

Tidak selamanja penjerbukan berhasil dengan pembuahan. Djika, misalnja, kepala putik djarak, diserbuk dengan serbuk dari tanaman lain matjam, mata² bidjinja takkan membuah, djuga takkan tumbuh terus. Bakal bidji djarak hanja dapat membuah, bila diserbuk dengan serbuk djarak pula. Hal ini berlaku bagi kebanjakan tumbuhan, dengan lain perkataan: *pembuahan hanja berhasil dengan serbuk, jang berasal dari tumbuhan sedjenis.*

Beberapa pengetjualian akan dibitjarakan dalam fasal „kebakaan".

Ada dua matjam penjerbukan:

1°. **Penjerbukan sendiri,** jaitu penjerbukan dengan serbuk dari bunga itu djuga. Dengan sendirinja, penjerbukan sendiri hanja terdapat pada bunga sempurna, jaitu bunga djenis kelamin dua atau hermaphrodit (mempunjai baik benang sari, maupun daunbuah).

2°. **Penjerbukan silang,** jaitu penjerbukan dengan serbuk bunga lain, jang berasal dari tumbuhan sedjenis. Pada bunga djenis kelamin tunggal, umpamanja bunga, jang hanja mempunjai benang sari atau hanja daun buah hanja terdapat penjerbukan silang sadja.

Bunga² kelamin tunggal terdapat pada tumbuh-tumbuhan rumah-tunggal (Djarak) dan tumbuh-tumbuhan berumahdua (Salak). Tumbuh-tumbuhan ini tak menjerbuk sendiri.

Pada beberapa tumbuhan penjerbukan sendiri tak mendjadikan buah. Tumbuhan demikian disebut *mandul-sendiri*, dan hanja dapat membuah karena penjerbukan silang.

Tumbuhan jang membuah karena penjerbukan sendiri disebut tumbuhan *subur sendiri*. Diantaranja terdapat tumbuhan, jang selain bunga biasa membuat pula bunga jang lebih ketjil dan tak pernah terbuka. Benang sarinja berhubungan langsung dengan kepala putik; oleh sebab itu terdjadilah penjerbukan sendiri. Tjara penjerbukan demikian dinamai *kleistogami*, terdapat antaranja pada bunga telang, (Clitoria) dan tjeplikan (Physalis).

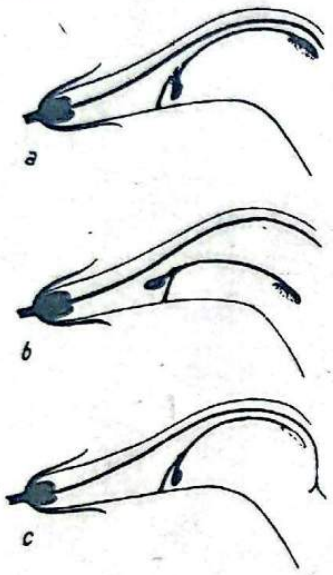
Ada pula tumbuhan, jang berbunga biasa, tetapi tak perlu membuah. Bakal bidjinja tumbuh sendiri mendjadi bidji sempurna.

Dilihat sepintas lalu, kita akan mengira, bahwa tumbuhan jang berdjenis kelamin dua, lazim menjerbuk sendiri. Tetapi tidak demikian halnja, karena banjak matjam bunga jang mempunjai alat² untuk menghalangi penjerbukan sendiri. Tjontoh:

a. djenis² *Clerodendron*; (misalnja: Nona makan sirih) benang sarinja masak lebih dahulu dari daun-buah. Tumbuhan demikian disebut *protandrik*. Setelah bunga itu terbuka, dengan segera serbuknjapun terlepas. Tak lama kemudian bakalbuahnjapun masaklah, tetapi sementara itu serbuknja telah lenjap. Oleh sebab itu, bunga itu tak mungkin dapat diserbuk oleh serbuknja sendiri; bunga jang lebih tua harus menerima serbuk dari bunga jang muda. Tak lama setelah bunga terbuka, benang sarinja membentang kemuka, tangkai putik membungkuk kebawah. Serangga jang hendak mengisap madu, biasanja duduk diatas tangkai sari dan dengan demikian mengenai serbuk. Bunga jang lebih tua benang sarinja membungkuk kembali sedangkan kepala putik jang kini telah masak membentang kemuka. Serangga jang tak lama berselang mengundjungi bunga muda, kini dengan mudah dapat menggosokkan serbuk jang dibawanja diatas kepala putik bunga tua.

*Salvia*pun protandrik. Daun bunganja berlekatan, tepinja ber-

bagi merupakan bibir atas dan bibir bawah. Jang tersebut belakangan gunanja untuk tempat duduk serangga (kumbang). Bunga itu hanja berbenang sari dua, jang aneh bangunnja. Tangkai sarinja pandak, sedangkan penghubung kepala sarinja pandjang. Penghubung itu duduknja tegak pada tangkai sari dan dapat bergerak (Gambar 140). Diudjung luar penghubung kepala sari terdapat sebuah belahan kepala sari jang sempurna (subur). Belahan kepala sari jang lain tak mengandung serbuk. Pada beberapa djenis Salvia [1]) belahan jang tak berserbuk itu menghalangi djalan ketempat madu. Kumbang jang memasuki bunga, menekan perintang itu keatas. Penghubung kepala sari jang kini seolah-olah mendjadi „pengungkit" membawa belahan kepala putik jang subur kebawah dan dengan demikian meletakkan serbuk diatas punggung kumbang itu. Bunga jang masih muda kepala putiknja tak terbagi dan tidak terpengaruh oleh serbuk, lagi pula biasanja kumbang tidak menjentuhnja. Pada bunga jang lebih tua tangkai putiknja membungkuk kebawah. Oleh sebab itu, letaknja kepala putik lebih rendah, sementara itu kepala putik telah terbagi dua. Apabila bunga jang tua itu dimasuki kumbang, jang belum lama telah mengundjungi bunga muda serta membawa serbuk diatas punggungnja, maka dengan mudah kepala putik bunga itu dapat diserbuk. Sebagaimana halnja pada Clerodendron, pada Salviapun bunga jang tua menerima serbuk dari jang muda.



Gambar 140. Skema penjerbukan Salvia. *a* bunga muda, benang sari berdiri biasa; *b* bunga itu djuga, belahan kepala sari jang subur terdorong kebawah; *c* bunga jang lebih tua.

b. Pada bunga *Aristolochia* bakal buah itu, lebih dahulu masaknja dari benang sari. Bunga demikian disebut *protogynik*. Bunga muda jang baru terbuka diserbuk oleh serbuk jang berasal dari bunga jang lebih tua. Bila pada sekuntum bunga, jang tak lama setelah bakalbuahnja masak, serbuknjapun masak pula, bakal buah itu tak dapat dipengaruhi lagi, hingga tak mungkin terdjadi penjerbukan sendiri dalam bunga itu.

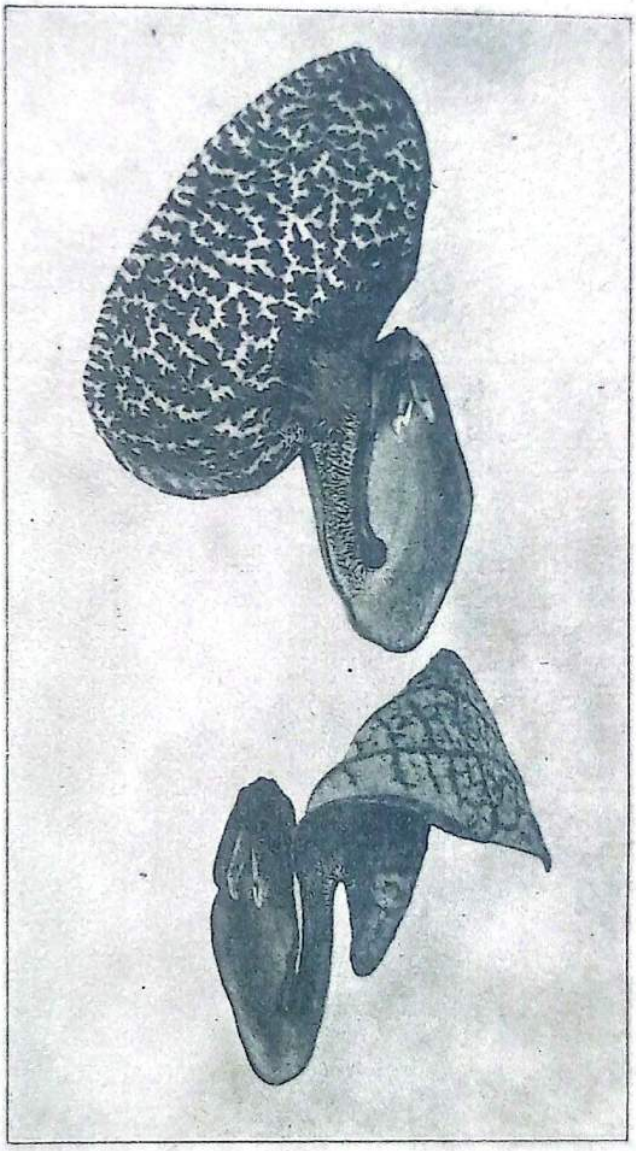
Bunga Aristolochia (Gambar 141) tenda bunganja berlekatan serta terdiri dari tiga bagian:

[1]) Di Indonesia terdapat beberapa matjam Salvia, diantaranja ada jang berbunga merah dan ada pula jang berbunga biru. Jang berbunga biru mempunjai alat² penjerbukan sebagai tersebut diatas tegas, tetapi jang merah tidak terang.

1°. bagian dalam jang agak luas; disini terdapat benang² sari dan bakal buah diatas dasar bunga;

2°. bagian tengah, berbentuk tabung, sempit serta berbulu banjak didalamnja;

3°. bagian luar, berbentuk teropong, berbintik-bintik.



Gambar 141. Aristolochia elegans; diatas, jang masih muda, dibawah jang lebih tua (penampang membudjur).

Dengan baunja bunga itu memikat lalat² bangkai. Lalat itu masuk kedalam bunga melalui tabung bunga; bulu² bunga tak menghalanginja. Tetapi djalan keluar terhalang oleh bulu² itu, hingga tertangkaplah lalat itu [1]). Kalau lalat ini belum lama berselang mengundjungi bunga jang lebih tua serta membawa serbuk, maka terdjadilah penjerbukan, karena kepala putik bunga jang kini dimasukinja, sudah masak. Bila serbuk bunga jang lebih muda masak, maka lajulah bulu² tabung bunga itu, dan dapatlah lalat² itu keluar dari bunga. Kini lalat² itu telah membawa serbuk dan dapat memasuki bunga lain untuk melekatkan serbuk itu pada kepala putik bunga tadi.

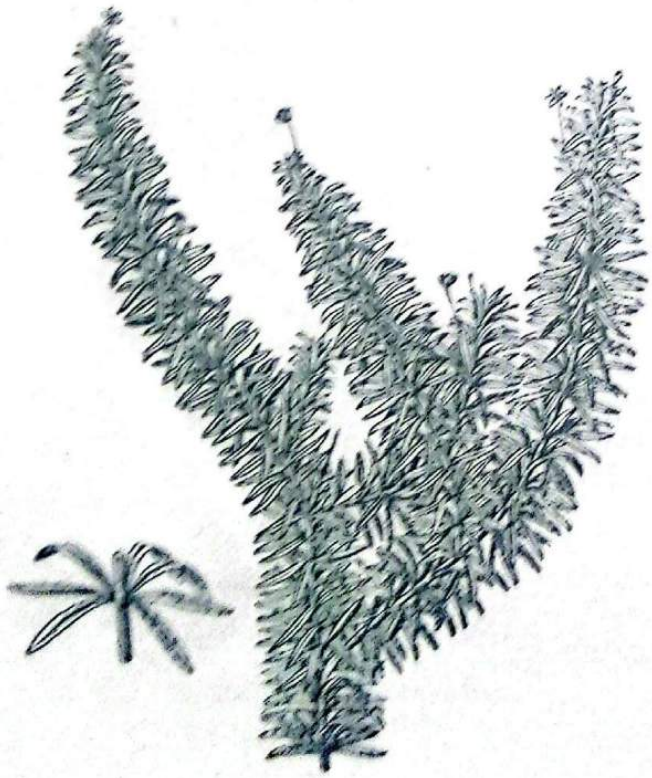
c. Dalam banjak bunga, letaknja benang sari terhadap kepala putik demikian rupa, hingga serbuknja tak dapat berbuhungan dengan kepala putik. Bunga demikian disebut *herkogaam*. Tjontohnja umpamanja bunga patjing (Costus). Dalam bunga itu hanja terdapat sebuah benang sari jang subur, sedangkan jang lain berlekatan mendjadi sebuah

[1]) Banjak orang menjangka, bahwa Aristolochia itu tumbuhan pemakan serangga; padahal tidaklah demikian halnja.

tubuh jang serupa dengan tadjuk bunga, gunanja untuk tempat duduk serangga serta untuk memikatnja. Diantara kedua belahan kepala sari terdapat parit jang dalam; didalamnja terletak tangkai putik bagian atas. Kepala putik mendjulang sedikit diatas kepala sari, serta terbagi dalam beberapa buah pantjung hingga merupakan sebuah pundi² terbuka. Serbuknja hanja dapat tumbuh disebelah dalam pundi² tersebut, dan harus digosokkan ditepinja, hingga djatuh diantara pantjung² kepala putik. Bunga patjing kerapkali dikundjungi kumbang kaju, jang hendak mengisap madu, jang amat dalam letaknja. Keluar dari bunga, kumbang itu membawa serbuk diatas punggungnja, tetapi — karena letaknja kepala putik — ketika itu ia tak dapat menggosokkannja diantara pantjung² kepala putik. Hal ini hanja dapat dilakukan ketika memasuki bunga lain.

Alat² penjerbukan silang jang sangat muskil terutama terdapat pada anggerek².

Kerapkali bunga² anggerek bentuknja kurang sempurna, hingga tak dapat menjerbuk, apabila tak ada serangga² jang tertentu. Panili misalnja, jang berasal dari Amerika, dinegeri kita tak dapat diserbukkan oleh serangga jang ada disini. Dalam hal ini penanam panili harus menjerbukkan bunga² itu.



Gambar 142. *Hydrilla verticillata* dengan bunga betina.

Perhubungan serbuk dengan kepala putik langsung dengan perantaraan *air*, *angin* atau *hewan*.

1°. Penjiaran serbuk dengan air.

Hanja sedikit tumbuhan jang serbuknja disiarkan dengan air, jaitu tumbuhan air, jang berbunga didalam air, misalnja Ceratophyllum, Vallisneria dan Hydrilla, dalam bahasa Sunda lazim disebut „ganggeng". Ceratophyllum daunnja duduk melingkar serta ketjil, berbunga djantan dan berbunga betina pula, masing² jang satu dengan jang lain terpisah. Kedua djenis bunga itu, terbuka didalam air. Serbuknja melajang didalam air dan dengan

demikian dapat berhubungan dengan kepala putik jang mendjulang pandjang dari bunga² betina.

Vallisneria daunnja sebagai daun rumput, banjak ditanam didalam aquarium. Beberapa djenis diantaranja hanja berbunga djantan sadja, ada pula jang hanja berbunga betina. Bunga betinanja bertangkai pandjang, keluar sedikit diatas permukaan air. Bunga djantannja dilepaskan didalam air, lalu naik kepermukaan air. Disitu bunga itu terbuka dan terapung diatas air. Dengan demikian terdapatlah perhubungan dengan bunga betina, hingga terdjadi penjerbukan.

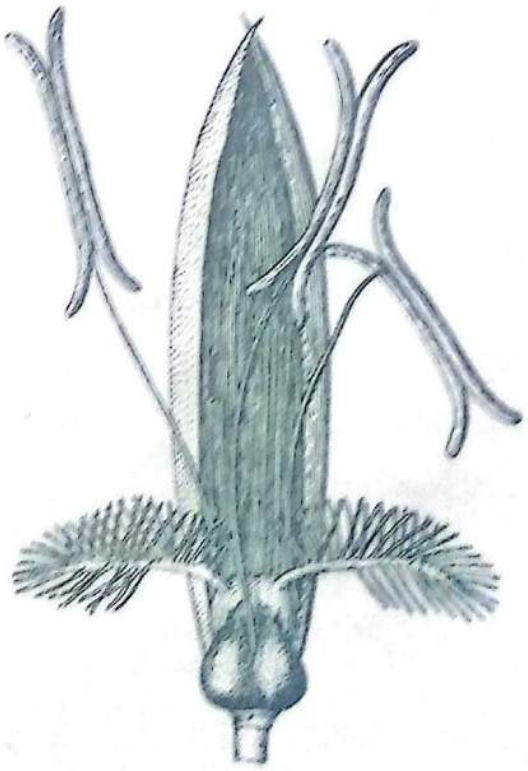
Tjara penjerbukan tersebut terdapat pula pada Hydrilla verticillata (Gambar 142).

2°. Penjiaran serbuk dengan angin.

Penjerbukan angin terutama terdapat pada tumbuh-tumbuhan jang hidup berkumpul, misalnja rumput. Bunganja biasanja tak njata. Beberapa sifat² tanaman membesarkan kemungkinan penjerbukan.

a. Karena tumbuhan tsb. hidupnja berumpun, serta menghasilkan serbuk jang sangat ringan, serbuknja dapat melajang lama diudara. Diwaktu berbunga butir² serbuk itu amat banjak hingga merupakan awan diatas rumput. Dengan demikian kemungkinan penjerbukan besarlah.

b. Benang sarinja pandjang, serta tangkai sarinja lemah. Kepala sarinja besar, bergantung, hingga terumbang ambing oleh angin. Oleh sebab itu tersiarlah serbuknja.



Gambar 143. Bunga rumput.

Pada beberapa djenis tumbuhan serbuknja seolah-olah dilemparkan. Hal ini njata sekali pada Pilea microphylla. Didalam kuntjup bunga, tangkai² sarinja tergulung, tetapi segera membentang apabila bunga terbuka. Dengan demikian keluarlah serbuk sebagai asap, jang selandjutnja tersiar dengan angin.

c. Kepala putiknja kebanjakan bentuk bulu atau berambut terutama pada rumput (Gambar 143) tetapi djuga pada tumbuhan lain. Oleh sebab itu luasnja lebih besar, hingga mudah menangkap serbuk. Kepala putik djagung melambai sebagai djambul diatas tongkol.

Pada pakis hadji dan pohon² tugi (Pinaceae) bakal² bidjinja (jang tidak tertutup dalam bakal buah) mengeluarkan setitik lendir untuk melekatkan serbuk.

3°. Penjiaran serbuk oleh hewan.

Pada kebanjakan tanaman penjiaran serbuk dilakukan oleh hewan, terutama oleh serangga. Serbuk jang dipindahkan oleh serangga, biasanja berdiri, berbintil berbingkai dsb. agar mudah melekat kepada tubuh serangga. (Sebaliknja serbuk jang disiarkan angin biasanja litjin). Kadang² serbuk itu lekat atau terdapat bahan² pelekat diantara butir² serbuk. Butir² serbuk anggerek dan beberapa tumbuhan lain (misalnja widuri) berkumpul mendjadi sebuah tubuh jang pedjal (*pollinia*). Tiap² bunga hanja berisi beberapa buah pollinia, kadang² hanja dua buah, jang harus dipindahkan seluruhnja. Disini letaknja djuga perbedaan dengan serbuk, jang dipindahkan dengan angin.

> Hewan² mengundjungi buah untuk mentjari makanan, dalam melakukan pekerdjaan itu mereka dapat memindahkan serbuk keatas kepala putik. Sudah tentu hal ini berlaku dengan tidak disengadja, oleh sebab itu tidak setiap kundjungan hewan kepada bunga berakibat penjerbukan. Beberapa matjam serangga misalnja, hanja dapat mentjapai madu atau serbuk, tetapi tak pernah mengenai kepala putik, hingga tak dapat menjebabkan penjerbukan. Pada umumnja hanja beberapa djenis sadjalah jang penting sebagai pembawa serbuk pada suatu djenis tumbuhan jang tertentu.

Kundjungan hewan kepada bunga² dapat bertambah dengan adanja beberapa matjam alat pemikat:

1°. **Warna.** Tidak semua binatang dapat melihat warna sebagai jang terlihat oleh manusia. Bunga jang dapat kita lihat dengan njata tidak selalu dapat dilihat oleh hewan dengan njata pula, dan sebaliknja. Beberapa matjam kupu² malam misalnja dapat melihat bunga diwaktu malam. Pada umumnja dapat dikatakan, bahwa karena warnanja jang njata berbeda dari warna daun² disekitarnja, bunga² itu mudah terlihat oleh binatang². Bunga² ketjil dapat djuga terlihat dengan mudah, karena berkumpul merupakan bunga madjemuk.

Beberapa bagian bunga dipergunakan sebagai alat *pemikat*; kebanjakan *tadjuknja* jang biasanja berwarna: Kadang² *kelopaknja* pula, umpamanja Nona makan sirih, jang berkelopak warna kepala susu (room), Petraea biru. Beberapa kuntum bunga Daun putri (Mussaenda frondosa), — jaitu bunga² luar dari bunga madjemuk — salah suatu pantjung kelopak mendjadi sehelai daun pemikat berwarna putih. Tanaman itu banjak terdapat dipinggir hutan dan djurang² serta mudah kelihatan dari djauh.

Pada pohon kihudjan (Samanea) dan djambu (Eugenia) *benang*

sarinja berwarna, pada Bougainvillae *daun pelindungnja* dan pada Anonskelk *selubung bungaaja*.

2°. **Bau.** Bau kebanjakan disebabkan oleh minjak jang mudah menguap, biasanja keluar dalam daun bunga, kadang[a] dalam benang sari atau dari kelendjar[a] madu. Kerapkali bau itu harum, kadang[a] djuga busuk (Kembang bangké); pada kembang bangké lalat bangkai atau kumbang bangkailah jang tertarik.

Pantjaindera pentjium serangga amat baik, hingga dapat mentjium bau jang sangat lemah.

3°. **Makanan.** Sebagai makanan untuk binatang[a] penjerbuk kebanjakan bunga mengandung madu, jang keluar dari *kelendjar[a] madu*. Kelendjar[a] itu mungkin terdapat diberbagai bagian. Kadang[a] madu itu kelihatan njata dalam bunga, kadang[a] tersembunji dalam sebuah tadji, tambahan dari kelopak atau tadjuk bunga jang berbentuk kantung (misalnja patjar air). Pada bunga serdadu (Catharanthus) madunja terdapat didalam tabung bunga dan hanja dapat diambil oleh serangga[a] tertentu. Djalannja ialah melalui serbuk dan kepala putik. Daun[a] bunga kadang[a] mempunjai *tanda[a] madu*, garis[a] atau bintik[a] penundjuk djalan ketempat madu.

Tidak selamanja, serangga itu melalui djalan jang seakan-akan ditundjukkan oleh bunga. Kadang[a] digigitnja lubang pada tabung bunga atau tadji (misalnja Thunbergia) untuk mendapatkan madu. Hal demikian disebut *membongkar*.

Tidak selamanja pula serangga[a] dapat menemukan madu, kadang[a] hanja mendapat *serbuk* sadja; jang banjak dihasilkan oleh beberapa matjam bunga. Ada pula bunga[a] jang benangsarinja mandul atau mempunjai tubuh[a] (alat[a]) serupa dengan serbuk, jang mendjadi makanan binatang. Beberapa djenis anggerek mempunjai *bulu[a] makanan* berisi makanan serangga.

Binatang[a] jang memindahkan serbuk, adalah *serangga*, *burung* dan *kelelawar*.

a. **Serangga.** Kebanjakan bunga diserbuk dengan perantaraan serangga, diantaranja jang terpenting ialah lebah, kumbang kaju, kumbang, kupu[a] dan lalat.

Lebah, *kumbang kaju* dan *kumbang* dapat makanan dari bunga semata-mata. Jang disukainja hanja bunga[a] jang tertentu. Hal ini sangat penting bagi penjerbukan, karena serangga[a] itu akan mengundjungi sedjenis bunga berturut-turut, serta membawa serbuk sedjenis pula (djarang membawa serbuk dari bunga lain djenis). Binatang[a] itu kebanjakan lidahnja pandjang, oleh sebab itu dapat menjerbukkan bunga, jang tak dihinggapi oleh serangga jang berlidah pendek.

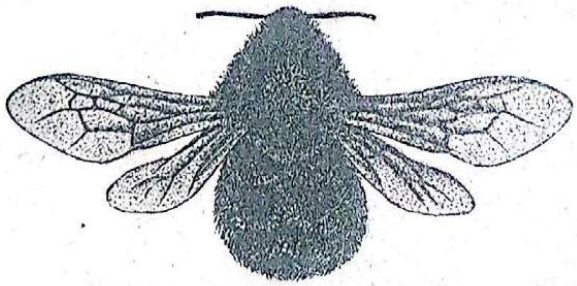
Jang terkenal di Indonesia ialah:
Matjam² lebah:
a. Apis dorsata (lebah sialang, Sund: odeng);
b. Apis indica (lebah gula atau lebah lilin);
c. Apis florea (lebah lalat)

a *b* *c*

Gambar 144. Lebah² Indonesia. *a* Apis dorsata. *b* Apis indica. *c* Apis florea.

kumbang kaju: Xylocopa latipes.
kumbang: kumbang gunung hitam (Bombus rufipes, Gambar 145), banjak terdapat dipegunungan.

*Kupu*² biasanja lidahnja amat pandjang, karena itu dapat mengisap madu jang dalam letaknja. Berlainan dengan lebah, kupu² dalam kundjungannja tidak mementingkan djenis bunga, pula tidak begitu giat, ketjuali kupu² malam, jang amat penting bagi tumbuhan jang berbunga diwaktu malam.



Gambar 145. Kumbang gunung hitam.

Lalat. Jang penting diantaranja ialah *lalat melajang*, kebanjakan pengundjung bunga semata-mata. Ada djenis² jang berlidah pandjang. Lalat berlidah pendek hanja dapat menjerbuk bunga² jang madunja terbuka (tidak tersembunji).

b. **Burung**. Didaerah tropika banjak penjerbukan dilakukan oleh burung. Jang terpenting diantaranja ialah burung madu [1]), burung tjabe, burung katjamata (Ketjitji), djalak, ketilang dll.

Bunga² jang diserbuk oleh burung, diantaranja ialah: Bunga tasbih (Canna), dadap, Sanchezia (bunga perhiasan dari Amerika Selatan) dan djenis² benalu (pasilan). Bunga² tersebut tidak berbau.

Tjaranja burung tjabe mengambil madu dari bunga benalu, sebagai berikut: Dengan paruhnja burung itu memidjit bunga jang masih tertutup. Sekonjong-konjong patjung² bunga itu petjahlah

---

[1]) Burung madu djuga terdapat dibagian lain dari Asia dan di Afrika; di Amerika jang terkenal ialah burung kolibri.

hingga madu jang mengisi tabung bunga setengah penuh, dapat ditjapai oleh burung. Sementara itu melekatlah serbuk diatas bulu² jang ada disekitar paruh burung. Dengan demikian burung itu dapat menjebabkan penjerbukan silang, bahkan kadang² djuga penjerbukan sendiri.

Kerapkali orang menjangka, bahwa penjerbukan pohon kaju angsret (Spuitjesboom), dilangsungkan pula oleh burung, tetapi hal ini tak dapat ditetapkan. Burung² mengundjungi bunganja untuk mengisap madu setelah membongkar tabungbunga, tetapi dengan demikian belum tentu mengakibatkan penjerbukan.

c. **Kelelawar.** Kelelawarpun, kadang² penting bagi penjerbukan, karena lidahnja pandjang misalnja Kigelia, Freycinetia.

2. **Penjiaran buah dan bidji.**

Setelah terdjadi penjerbukan, maka bakal buah dan bakal bidji tumbuh mendjadi buah berbidji. Bagi tanaman adalah hal jang penting, bila bidji²-nja tumbuh tidak terlampau dekat dari pohon induk, karena keadaan ditempat itu biasanja kurang baik (kurang sinar matahari, kurang tempat, kurang zat makanan). Buah² dan bidji² harus *disiarkan* lebih djauh.

Ada *penjiaran aktif* dan ada pula *penjiaran passif*.

Penjiaran aktif. Pada penjiaran aktif pohon induk sendiri berusaha, agar bidji²-nja djatuh djauh dari tempatnja bermula. Tjontohnja ialah tumbuh-tumbuhan, jang bidjinja memetjah dengan keras, hingga terlempar djauh, misalnja pohon karet dan pohon getah lain, beberapa djenis katjang (misalnja kembang merak), patjar air (Balsamina). Bidji tjeplikan terlempar djauh karena geraknja tali pusat sekonjong-konjong, biasanja dengan penjiaran aktif bidji itu tidak terlempar djauh.

Penjiaran passif dilakukan dengan air, angin atau binatang. Dengan ini bidji² dapat tersiar amat djauh.

1. **Penjiaran dengan air,** terutama terdjadi pada tumbuhan air, tumbuhan rawa dan tumbuhan jang hidup dipantai laut. Buahnja atau bidjinja mempunjai rongga² udara hingga dapat terkatung lama diatas air. Buah *butun* dan *njamplung*, jang banjak terdapat ditepi laut, kulitnja tebal serta berserat. Diantara serat² itu banjak udara tertahan serta menjebabkan berat djenis buah itu mendjadi lebih rendah dari pada air.

Salah suatu tanaman jang buahnja terapung diatas air adalah *teratai*. Tanaman itu mempunjai buah-semu (buah palsu) berganda, terdiri dari dasar bunga besar, didalamnja seperti bunga karang (spons). Didalam buah-semu terletak buah²-nja jang sedjati. Dasar bunga tersebut lambat laun busuk, oleh sebab itu

tenggelamlah buah²-nja kedasar air (berat djenis buah itu lebih tinggi dari pada air).

Bidji² jang terapung kebanjakan mempunjai rongga² udara didalam kulit bidji. Lambat laun busuklah djaringan² jang berisi udara itu dan bidjinja tenggelam kedasar air; disanalah ia dapat tumbuh.

Pada tumbuhan pantai, bidji²-nja terkatung diatas laut hingga terlempar kepantai, misalnja Ipomoea pes-carpeae.

1. **Penjiaran dengan angin,** berlaku pada sedjumlah besar tumbuh-tumbuhan. Kebanjakan, bidjinja jang disiarkan itu, tetapi kadang² buahnjapun disiarkan pula oleh angin. Penjiaran ini bertambah tjepat, apabila:

Gambar 146. Bidji anggerek (Phajus) dibesarkan.

a. bidji² itu sangat ketjil serta ringan.

b. bidji² itu mempunjai alat² melajang berupa selaput atau bulu².

Tumbuhan jang bidjinja amat ketjil misalnja anggerek. Bidji²-nja seperti debu, sedangkan berat-nja hanja beberapa per-seribu milligram, bertepi selaput hingga dapat melajang lama diudara dan tersiar sangat djauh (Gambar 146).

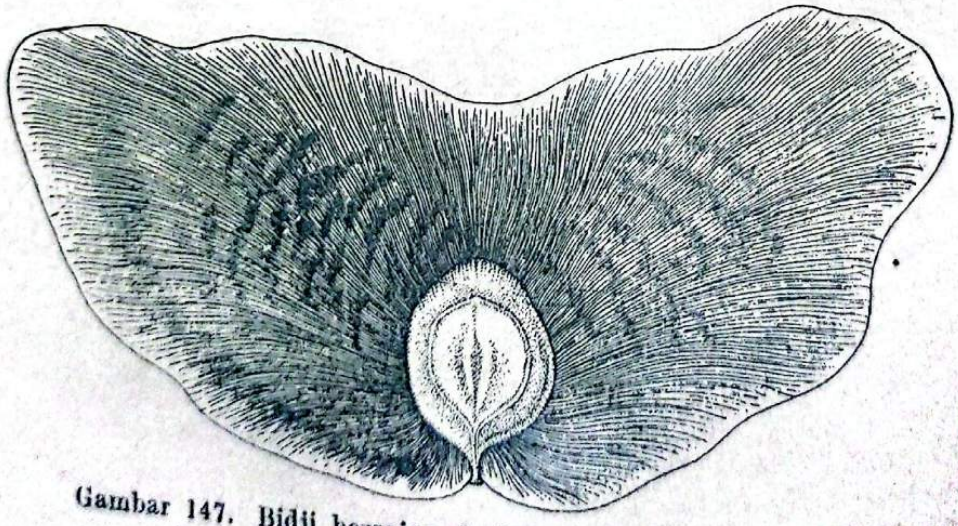
Bidji berselaput jang lebih besar, adalah bidji Spatodea;, sedangkan Macrozanonia (Gambar 147) sajap-selaput bidjinja lebar.

Bidji widuri, kapok dll. berbulu pandjang; ada pula jang buahnja berbulu, misalnja babadotan, gerbera d.l.l.

Buah Congea dikelilingi oleh daun pelindung jang berwarna ungu.

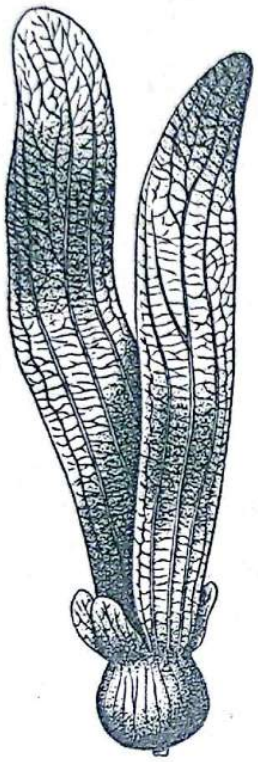
Pada bunga Holmskjoeldia (topi tjina) kelopaknja kering serta merupakan alat melajang.

Buah bersajap Dipterocarpus berat dan harus disiarkan dengan angin keras (Gambar 148).



Gambar 147. Bidji bersajap dari Macrozanonia macrocarpa.

Buah² dan bidji² jang tersebut diatas tersiar djauh atau dekat. Setibanja diatas tanah, dapat pula tertiup angin lebih djauh. Bagi beberapa djenis tumbuhan tjara jang tersebut kemudian, amat penting; misalnja pada rumput rakbol (Spinifex) jang hidup ditepi laut. Buahnja merupakan bunga madjemuk bulat, berbulu keras. Setelah masak, bola² itu luruhlah dan terguling-guling disepandjang pantai. Pada waktu ini kadang² terlepaslah buahnja.



Gambar 148. Buah bersajap dari Dipterocarpus.

3. **Penjiaran oleh binatang,** dapat terdjadi sebagai berikut:

a. Buah atau bidji melekat pada tubuh binatang (atau manusia) lalu terbawa kemana-mana. Untuk memudahkan melekatnja, buah dan bidji² itu mempunjai berbagai-bagai alat (pengait, sikat²), misalnja buah beberapa tumbuhan jang berbunga madjemuk (Gambar 149). Buah badjang² atu rumput djarum (Andropogon aciculatus) umpamanja, dikelilingi sekam² jang berdjarum pandjang; djarum² ini beruit banjak.

Gambar 149. Buah dari bunga madjemuk Synedrella nodiflora.

b. Buahnja berikut bidjinja dimakan binatang. Bidjinja tak dapat ditjernakan dan keluar lagi dari tubuh binatang itu bersama dengan kotorannja. Jang dapat dimakan hanja *daging buah* atau salut bidji sadja [1]). Burung, kelelawar dan manusia mempunjai kedudukan penting dalam hal penjelenggaraan bidji² itu. Benalu (pasilan) hanja disiarkan oleh burung.

c. Daging buah dimakan, tetapi bidjinja tidak, misalnja papaja dan mempelam.

d. Jang istimewa, misalnja penjiaran oleh semut. Beberapa djenis tumbuhan bidjinja mempunjai bagian jang mengandung minjak, jang sangat disukai semut. Serangga² tersebut mengangkut bidji² itu seluruhnja tetapi hanja memakan minjaknja sadja. Tjontoh² beberapa epiphyt (Hoya dan Dischidia). Kerapkali tanaman² itu tumbuh diatas atau didalam sarang semut.

Selain dengan bidji, banjak pula tanaman diselenggarakan dengan tunasnja (geragih), misalnja Thunbergia, rumput², ada pula jang dengan tongkatnja seperti pisang, dsb.

---

[1]) Salut bidji itu landjutan dari tali pusat, jang meliputi sebagian atau seluruh bidji. Tjontohnja: rambutan, manggis, duku, pala.

Achirnja tak dapat dilupakan pengaruh manusia dalam penjelenggaraan berbagai-bagai tanaman. Dimana-mana orang bertjotjok tanam, kerapkali mendatangkan bibit dari tempat jang amat djauh. Selandjutnja dengan berbagai hasil perniagaan dengan tidak disengadja, terangkut bermatjam-matjam buah-buahan dan bidji-bidjian dari satu benua kelain benua. Dengan sendirinja, tidak semua tanaman dapat menjesuaikan dirinja dengan keadaan ditempat baru, apabila sjarat² hidupnja tak dapat dipenuhi.

SIFAT BERBEDA

(MUNGKIN UBAH)

Telah kita ketahui, bahwa tumbuhan terbagi atas beberapa *suku*, suku atas *golongan* dan golongan atas *keluarga* Keluargalah kesatuan jang terketjil, jang hingga kini kita kenal.

Tetapi djuga keluarga terbagi, jaitu dalam beberapa *djenis* misalnja: kita mengenal mangga golek, mangga arumanis, mangga gedong, mangga simanalagi, mangga santok d.l.l. semuanja djenis² dari keluarga Mangifera indica. Bukan sadja buah-buahan, tetapi tanaman lainpun, seperti padi, djagung, ubi djalar, katjang², karet, kopi d.l.l. berdjenis-djenis djua, demikian pula halnja tumbuhan liar dan tumbuhan taksempurna.

Pada kebanjakan tumbuhan terdapat penjerbukan-silang jang menjebabkan tertjampurnja berbagai-bagai djenis. Membeda-bedakan djenis pada tumbuhan tersebut amat sukar. Jang lebih mudah hanja pada tanaman jang menjerbuk sendiri, misalnja katjang merah. Tanamlah sebutir katjang merah, pungutlah bidjinja kelak. Kemudian tanam lagi bidji² itu; demikianlah selandjutnja. Achirnja akan terdapat tanaman sedjenis. Semua turunan dari satu bidji tanaman jang menjerbuk sendiri disebut *keturunan murni*.

Apabila kita membuat keturunan murni dari katjang jang berasal dari berbagai daerah, keturunannja itu masing² akan berbeda jang satu dengan jang lain. Selain dari perbedaan jang njata kelihatan, misalnja katjang warna putih dan katjang warna merah, dari djenis jang sama warnanjapun akan terdapat perbedaan, jang tak dapat terlihat dengan segera. Ambillah misalnja tiga djenis katjang merah, jang kita namai A, B dan C (Gambar 150). Dari 100 butir masing² djenis diukur pandjangnja. Misalnja dari djenis A pandjangnja katjang itu berbeda antara 5 dan 15 mm; dari djenis B antara 10 dan 20 mm dan dari djenis C antara 15 dan 25 mm. Lebih landjut akan ternjata, bahwa dari djenis A kebanjakan katjang itu pandjangnja 10 mm, dari djenis B 15 mm dan dari djenis C 20 mm. Ukuran tersebut merupakan perbedaan jang njata antara ketiga djenis katjang itu.

Apabila djenis² tersebut dipelihara terus, akan ternjata, bahwa perbedaan pandjangnja akan turun pula kepada keturunannja. *Antara djenis² itu terdapat perbedaan jang baka* (*turun temurun*).

Tak mungkin membeda-bedakan djenis A, B dan C itu, dengan tidak membuat pertjobaan menanamnja. Bila kita tjampurkan 3000 butir katjang itu lalu mengambil sebutir katjang jang pandjangnja 15 mm, takkan kita ketahui, dari djenis mana asalnja katjang itu. Dalam ketiga djenis itu, terdapat katjang jang pandjangnja

Gambar 150. Tiga djenis katjang (keturunan murni), berbeda pandjangnja rata², berbeda pula pandjangnja minimum dan pandjangnja maximum.
djenis A pandjangnja 5—15 mm, rata² 10 mm.
„ B „ 10—20 „ „ 15 „
„ C „ 15—25 „ „ 20 „

15 mm. Djika katjang jang sebutir itu ditanam, dari turunannja barulah dapat diketahui asalnja.

Bukan sadja antara bidji dengan bidji, melainkan antara tumbuhan dengan tumbuhanpun perbedaannja tak dapat dilihat dengan segera. Bentuk tumbuhan jang kita lihat dengan segera disebut *bentuk djadian* atau *phaenotype*. Tanaman² dari djenis A, B dan C bentuknja kelihatan tak berbeda: phaenotypenja sama. Adapun perbedaannja terbukti dari berbedanja pandjangnja rata². Sifat² itu turun kepada turunannja, boleh kita katakan: tanaman itu berbeda sifat bakanja. *Bentuk jang baka* jang tak dapat dilihat dengan segera, dinamai *bentuk turunan* atau *genotype*. Ketiga djenis katjang itu, meskipun sama phaenotypenja, tetapi termasuk dalam tiga genotype jang berbeda-beda: *tanaman sama phaenotype mungkin berbeda-genotype*.

Kita telah melihat, bahwa bukan sadja berbagai-bagai djenis itu berbeda-beda, tetapi diantara satu keturunan jang murni serta sedjenis djua, terdapat pula perbedaan; boleh kita katakan: dalam satu keturunan murnipun terdapat *sifat berbeda*. Da-

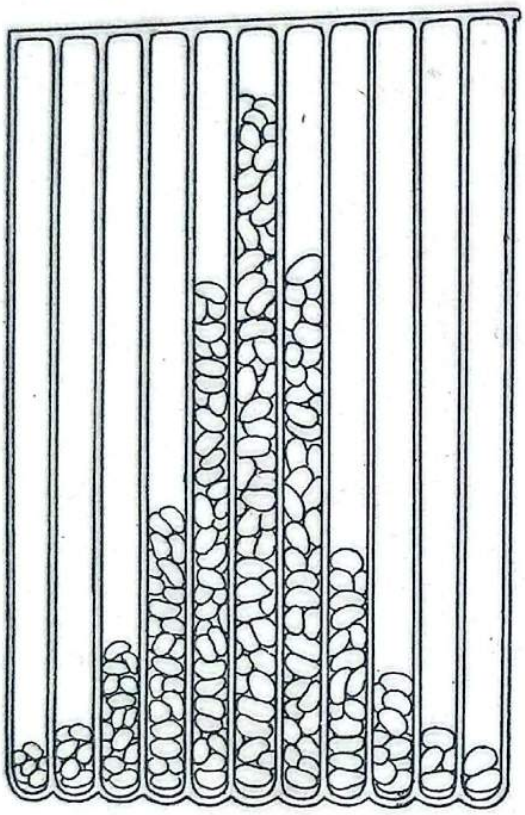
lam tjontoh tersebut, pandjangnja bidji pada djenis A berbeda dari 5 sampai 15 mm, pada djenis B dari 10 sampai 20 mm, dan pada djenis C dari 15 sampai 25 mm. Walaupun kebanjakan bidji dari A pandjangnja 10 mm, dari B 15 mm dan dari C 20 mm, tetapi dalam ketiga djenis itu terdapat bidji² jang besar dan bidji² jang ketjil. Kini timbullah pertanjaan: bakakah pula perbedaan antara tanaman² jang sedjenis, sebagaimana halnja diantara berbagai-bagai djenis? Tanamlah dari djenis A katjang jang terketjil, jaitu jang pandjangnja 5 mm. Setelah berbuah pungutlah; kemudian ukurlah pandjangnja bidji² tanaman itu. Pengeluaran itu akan menundjukkan hasil jang sama, jakni pandjangnja rata² 10 mm dan berbeda antara 5—15. Hasil itu akan terdapat pula, apabila kita menanam katjang jang terbesar. Perbedaan dalam suatu djenis tidak baka, takkan mendapat katjang jang rata² lebih ketjil, karena menanam katjang jang terketjil dari suatu djenis. Sebaliknja tak mungkin memperbaiki djenis dengan menanam bidji² jang besar dari djenis itu. *Suatu djenis takkan dapat diubah sifatnja dengan djalan seleksi bentuk² jang tertentu dalam djenis itu (pemilihan).* Bukan ukurannjalah *jang baka* melainkan hanja *sifat untuk berbeda-beda.*

Apakah sebabnja maka butir² katjang dari satu keturunan murni tidak sama pandjangnja? Hal ini disebabkan karena *pengaruh keadaan luar*, misalnja: pembagian air dan zat makanan didalam tanah tidak rata. Buah jang berisi bidji banjak, bidjinja ketjil, sebaliknja jang berbidji sedikit, bidjinja rata² lebih besar. Batang jang berbuah banjak, bidjinja lebih ketjil daripada jang berbuah sedikit. Masih banjak faktor² lain jang mempengaruhi pandjangnja katjang. Pengaruh luar itu ada jang baik dan ada pula jang buruk. Banjaknja tjahaja matahari, banjaknja air dan zat makanan, buah sedikit diatas batang, sedikit bidji didalam buah; semua itu berpengaruh baik. Sebaliknja tjahaja suram, sedikit air dan zat makanan, terlalu banjak buah diatas batang, terlalu banjak bidji didalam buah, semuanja berpengaruh buruk kepada katjang itu. Didalam alam djarang terdapat pengaruh² baik bekerdja bersama-sama, demikian pula sebaliknja. Pada kebanjakan tanaman biasanja terdapat pengaruh jang baik maupun jang buruk. Akibat dari keadaan tersebut ialah: kebanjakan bidji pandjangnja rata². Dalam hal jang djarang sekali, banjak faktor² baik atau faktor² buruk bekerdja bersama, hingga bidji jang sangat ketjil atau jang sangat besar, sedikit sekali terdapat. Bila kita menghitung banjaknja bidji dari berbagai ukuran djenis A, dari 1000 butir akan terdapat umpamanja:

pandjangnja (mm):	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
banjaknja bidji:	10	30	80	110	170	200	170	110	80	30	10

Djumlah jang terbesar jaitu 200, jang terdapat pada pandjang rata² 10 mm; ukuran itu merupakan tanda jang njata bagi djenis A. Kekanan atau kekiri banjaknja bidji berkurang; baik dari jang terpandjang maupun dari jang terpendek, hanja ada beberapa butir sadja.

Pertjobaan tersebut lebih njata kelihatan hasilnja dengan bidji² jang djumlahnja lebih ketjil. Bagikanlah bidji² dari berbagai ukuran dalam beberapa tabung gelas jang sama penampangnja, tiap² tabung diisi dengan bidji jang sama pandjangnja (Gambar151). Tabung jang tengah, jang berisi bidji dari 10 mm, akan terisi paling banjak, dalam tabung dikiri-kanannja banjaknja bidji berangsur-angsur berkurang. Maka kelihatanlah sebuah garis melengkung, jang disebut *garis grafik* atau *kurva*. Garis grafik itu kelihatan lebih njata, bila untuk pertjobaan kita ambil 1000 butir umpamanja.



Gambar 151. Lihat keterangannja dalam teks.

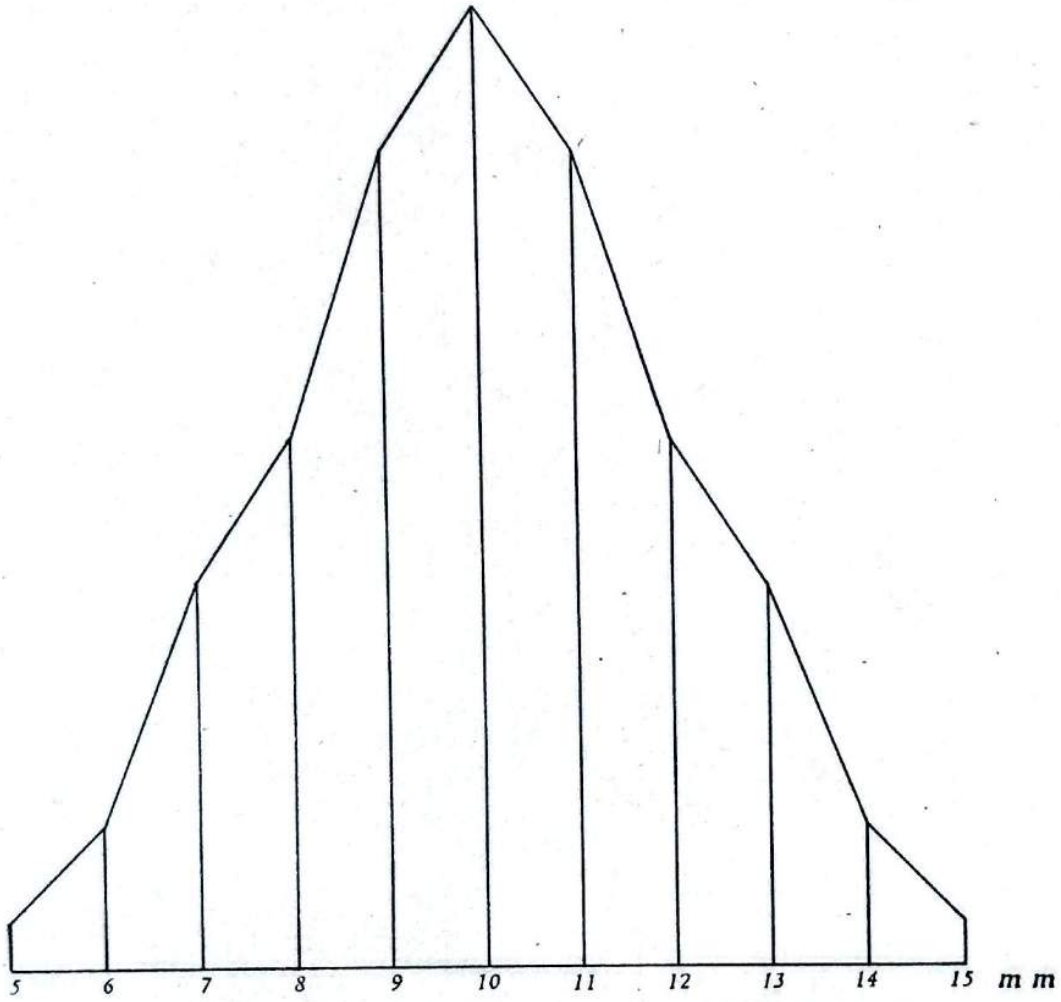
Tjara membuat kurva tersebut, diterangkan dalam Gambar 152. Garis datar menundjukkan pandjangnja bidji, sedangkan garis tegak perimbangan banjaknja bidji dari berbagai ukuran. Kurvanja ialah garis jang menghubungkan udjung garis² tegak.

Perhatian: Dengan sengadja garis grafik itu dibuat setangkup; padahal tidak senantiasa demikian halnja (lihat tjonto dalam tabung Gambar 151). Makin banjak bidji jang dipergunakan, makin dekat kurva itu dari setangkup (symmetris).

Untuk djenis² B dan C djuga dapat dibuat kurva, putjuknja masing² terletak pada 15 dan 20 mm. Bukan sadja untuk bidji, tetapi untuk bagian tumbuhan lainpun, umpamanja untuk daun atau buah dapat dibuat garis grafik. Objek²-nja dapat diukur, ditimbang atau dihitung banjaknja; garis grafiknja hampir senantiasa serupa dengan jang tertjantum diatas. Perbedaan didalam

djenis jang disebabkan oleh pengaruh keadaan luar dinjatakan dengan djelas oleh kurvanja.

Tjara bagaimana terdjadinja kurva jang aneh bangunnja itu, dapat diterangkan dengan perkakas jang digambarkan pada gambar 153. Didalam ruang atas jang berbentuk tjorong ditaruh sedjumlah mimis. Ruang bawah dibagi atas kotak² pandjang dan tak lebar

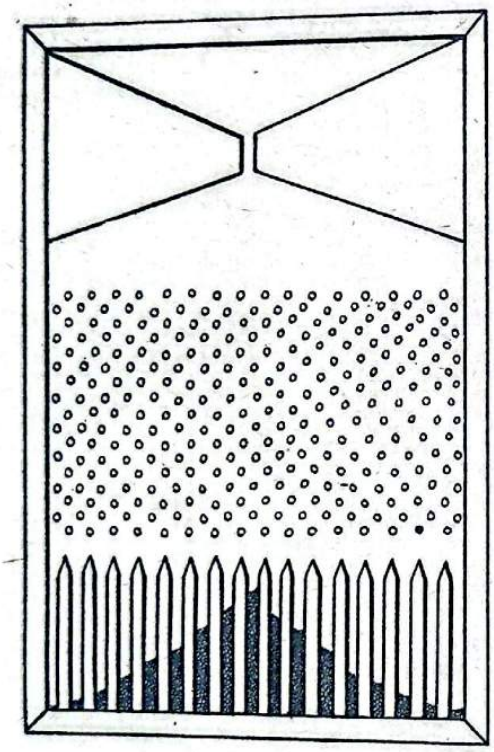


Gambar 152. Kurva perbedaan suatu djenis katjang.

jang sama besarnja. Tiap² kotak dibatasi dengan paku jang dipasang pada tiap² pendjurunja. Tegakkanlah alat tersebut: mimisnja akan djatuh dalam kotak² dan akan membuat kurva serupa dengan kurva jang telah berulang-ulang diuraikan diatas. Dalam kotak jang tengah berkumpul mimis jang terbanjak, sedang dikiri-kanan berkuranglah banjaknja butir² mimis itu. Kedjadian demikian dapat diterangkan sebagai berikut: Sebutir mimis jang djatuh menumbuk sebuah paku dan terdorong, misalnja kekanan, kemudian menumbuk paku jang lain dan sekarang membelok kekiri. Selandjutnja dapat terdorong kekanan atau kekiri. Demikian pula halnja dengan butir² mimis jang

terdorong kekanan atau kekiri, tidak menurut salah suatu hukum, melainkan kebetulan belaka. Kemungkinan besar, dorongan kekanan sama banjaknja dengan kekiri; hal ini menjebabkan terkumpulnja mimis paling banjak ditengah. Kemungkinan untuk terdorong kesatu arah, sedikit; karena itu banjaknja butir jang menudju kesatu arah, makin djauh dari tengah² makin berkurang.

Pembagian butir² mimis dalam berbagai-bagai kotak ditetapkan setjara tidak disengadja, boleh kita katakan: ,,*kebetulan*".



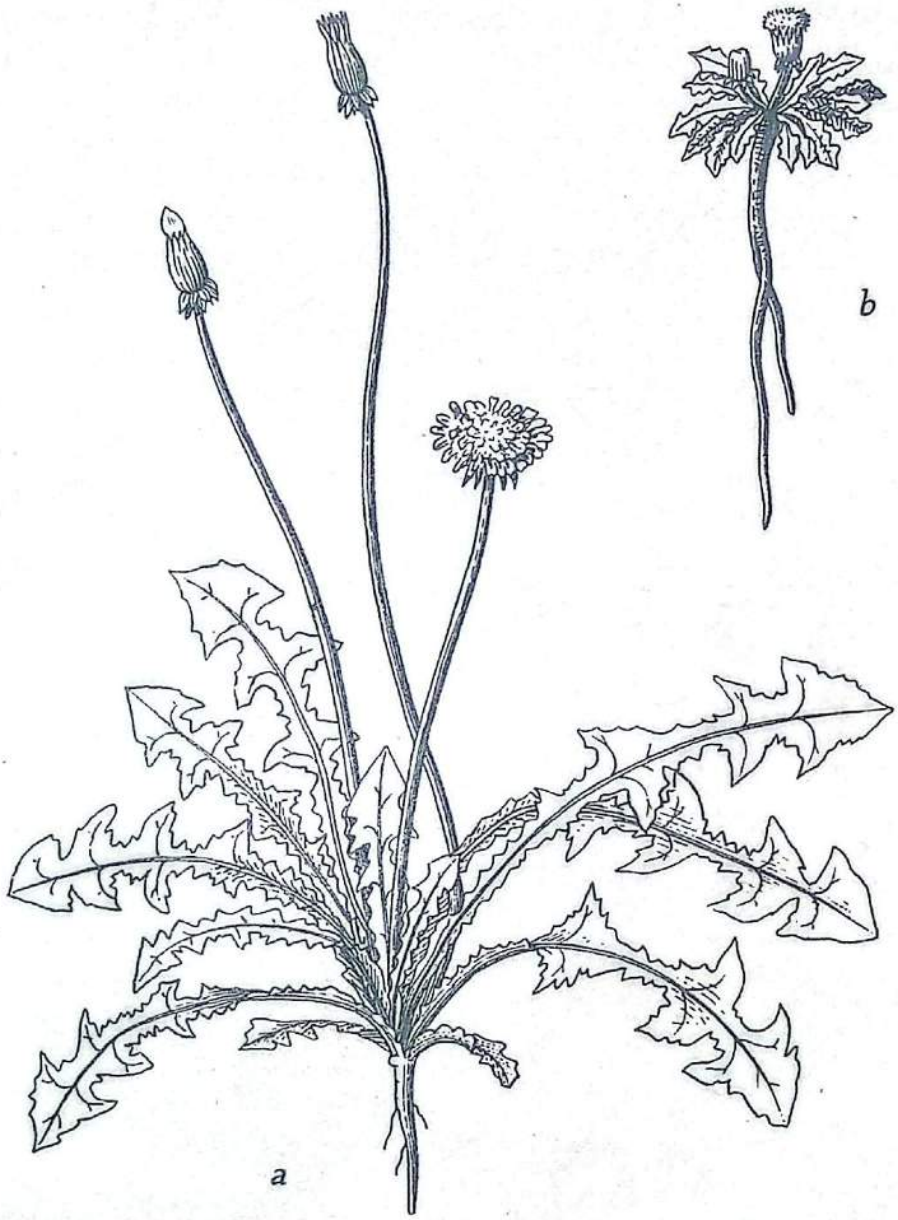
Gambar 153. Alat untuk memperlihatkan kurva kebetulan.

Kurva katjang itu dapat dibandingkan dengan hal² jang tersebut diatas ini. Keadaan luar mempengaruhi pandjangnja bidji menurut ,,hukum kebetulan".

Pengaruh keadaan luar terhadap pandjangnja atau beratnja tumbuhan maupun bagiannja, dapat dibuktikan dengan pertjobaan² berikut. Dari katjang djenis B diambil sedjumlah bidji jang pandjangnja rata² 15 mm; kemudian ditaburkan dalam dua buah bedengan. Bedengan pertama diberi pupuk banjak dan dipelihara dengan saksama. Sebaliknja bedengan jang kedua tanahnja dibiarkan kurus, sedangkan tanamannja hanja dipelihara sekedarnja, asal djangan mati. Pungutlah kelak hasilnja masing² dan buatlah kurva dari kedua tanaman bedengan itu menurut pandjangnja bidji. Dari bedengan jang terpelihara baik², pandjangnja bidji berbeda antara 16 dan 26 mm, rata² 21 mm. Dari bedengan jang kurus angka² tersebut adalah 4 sampai 14 mm dengan rata² 9 mm. Dalam hal jang pertama bidji²-nja lebih besar dari djenis C, sebaliknja jang kedua lebih ketjil dari djenis A: Bahwasanja hanja keadaan istimewalah jang mempengaruhi pandjangnja bidji, ternjata bila kita menanam katjang dari kedua bedengan itu dalam keadaan biasa, tidak diberi pupuk berlebih-lebihan, tetapi tak pula dibiarkan. Pungutan sekarang akan menundjukkan kurva jang sama dengan jang biasa diperoleh dari djenis B (rata² 15 mm). Pengaruh keadaan luar tidak tetap, dapat kita katakan: *perubahan karena pengaruh keadaan luar tidak baka.*

Betapa besarnja pengaruh keadaan luar terhadap bangun beberapa matjam tanaman, disini akan disebut sebuah tjontoh jang terkenal di Eropah.

Bunga kuda (Taraxacum dens-leonis) jang ditanam didaerah rendah, bangunnja lain dari jang ditanam dipegunungan. Perbedaan



Gambar 154. Modifikasi Taraxacum dens-leonis. *a* dari tempat rendah; *b* dari pegunungan.

itu kadang² demikian besarnja hingga mungkin orang menjangka bahwa tanaman² itu bukan tumbuhan sekeluarga, apabila orang itu tak mengenal asalnja. Djenis gunung, ketjil dan pendek; sebaliknja djenis dari dataran rendah, besar dan tinggi (Gambar 154). Bila djenis gunung dipindahkan ketempat rendah, lambat laun akan serupa dengan djenis tempat rendah. Bunga

kuda dapat pula disobek, kemudian sobekan² itu ditanam digunung dan didataran rendah. Adapun hasilnja sama dengan penjiaran dengan bidji.

Dari tjontoh² jang tersebut diatas ini, baik dari bunga Taraxacum, maupun dari berbagai djenis katjang, njatalah, bahwa perubahan karena pengaruh keadaan luar — jang disebut *modifikasi* — *tidak baka*, walaupun perubahan itu amat besar dan njata.

KEBAKAAN

Apabila kita mengawinkan dua batang tumbuhan sekeluarga, turunannja akan ,,mewaris'' sifat² tumbuhan kedua ,,induk'' tadi. Hal ini bukan sadja berlaku bagi sifat² jang kelihatan, seperti warna bunga atau daun, tetapi tanda² jang tak dapat dinjatakan dengan segerapun demikian pula halnja; umpamanja rasa buah atau sifat mudah terserang penjakit dsb.

Marilah kita mengikuti salah suatu sifat tumbuhan jang njata, umpamanja warna bunganja. Untuk maksud itu kita kawinkan dua batang tumbuhan pukul empat, misalnja Mirabilis Jalapa jang berbunga merah; semua turunannja berbunga merah pula. Njatalah disini bahwa sifat ,,berbunga merah'' pada keluarga tumbuhan itu *baka*; dalam hal ini kita hanja melihat satu kenjataan. *Ilmu kebakaan* tidak puas dengan melihat suatu kenjataan sadja, tetapi mentjoba pula *menerangkan*, tjara bagaimana berturunnja sifat² itu dari induk kepada turunan²-nja. Penundjuk djalan untuk menerangkan peristiwa tersebut adalah *Gregor Mendel*. Penjelidik ini telah mengawinkan berbagai-bagai djenis ertjis jang masing² menundjukkan perbedaan sifat jang njata; jang dikawinkan adalah berbagai-bagai matjam tumbuhan jang berlainan sifat bakanja. Hasil penjelidikan itu membuktikan, bahwa perbedaan antara dua djenis jang dikawinkan itu pindah kepada turunannja menurut *aturan jang tertentu*. Aturan² itu dinamai *hukum Mendel*.

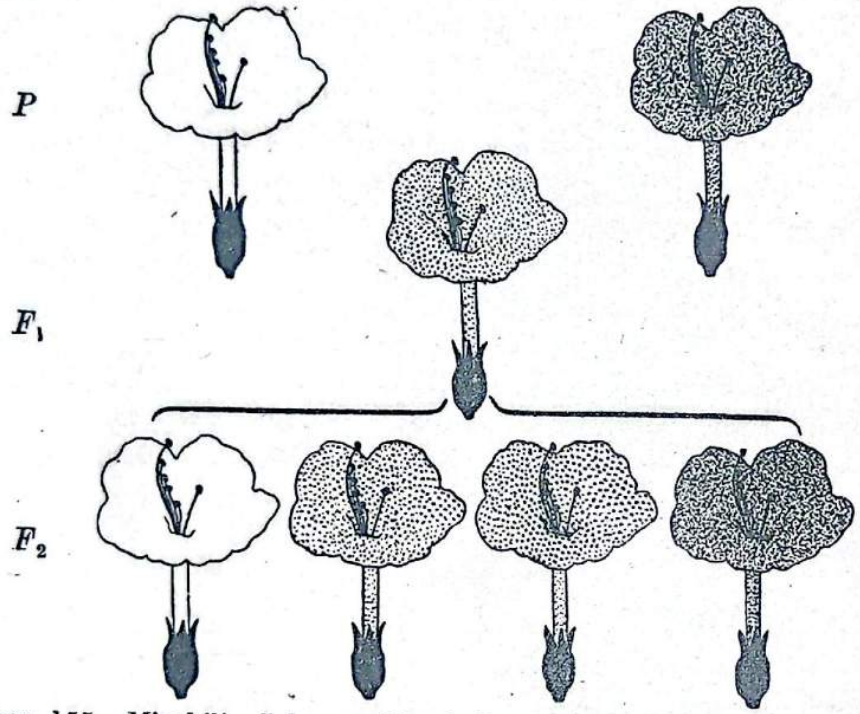
HUKUM² MENDEL.

Untuk menjelidiki kebakaannja sifat ,,bunga merah'' kita akan menjerbuk Mirabilis merah dengan jang putih atau sebaliknja. Perkawinan antara dua matjam tumbuhan jang berbeda sifat bakanja, dinamai *pembastaran*; turunannja disebut *bastar*. Tumbuhan² induk biasanja disebut P (generasi parental); turunan pertama dinamai F_1 (generasi filial pertama). Dalam tjontoh kita itu, semua tumbuhan dari turunan pertama berbunga merah-djambu (ros); warna antara dari warna kedua induk itu (putih-merah).

Telah kita melihat bahwa dari bentuk djadian atau phaenotype sadja tak dapat diketahui genotype atau bentuk turunannja. Hal ini baru dapat diketahui, djika pertjobaan itu dilandjutkan. Serbukilah F_1 dengan serbuknja sendiri atau dengan serbuk tumbuhan, jang termasuk F_1 pula, kemudian taburkanlah bidji² itu untuk memperoleh turunan kedua, F_2. Maka akan njata, bahwa dalam turunan ini tidak sadja terdapat *tumbuhan jang berbunga merah muda, tetapi terdapat pula tumbuhan jang berbunga merah dan jang berbunga putih* dengan perbandingan banjaknja: ¼ merah,

¾ merah muda dan ¼ putih. (1 : 2 : 1). Pemisahan demikian (Gambar 155) dinamai *pemisahan Mendel.*

Tumbuhan² F_2 diserbuk lagi dengan serbuk sendiri, kemudian bidji²-nja ditanam untuk mendapat F_3. Apakah jang kita lihat dalam turunan ketiga ini? Turunan dari F_2 jang berbunga putih, bunganja tetap putih, demikian pula warna bunga turunan F_2 jang berbunga merah tidak berubah. Adapun turunan F_2 jang berbunga merah muda memisah lagi dengan perbandingan 1 merah : 2 merah muda : 1 putih. Demikianlah selandjutnja, bunga jang putih atau merah turunannja tetap putih atau merah; sedangkan jang merah-muda senantiasa memisah.



Gambar 155. Mirabilis Jalappa. Pemisahan Mendel dengan 1 perbedaan tanda.

Keterangan:

Kenjataan bahwa bastar² jang berbunga merah-muda dalam F_2 dan turunan selandjutnja, memisah *menurut perbandingan angka jang tertentu,* bagi Mendel mendjadi suatu petundjuk untuk memetjah-kan soal² pembastaran itu.

Tiap² tumbuhan terdjadi dari dua buah selkelamin, jaitu djantan dan betina, jang telah bersatu. Dari sel²-kelamin Mirabilis merah terdjadi turunan jang merah pula; demikian pula dari Mirabilis putih timbul tumbuhan jang berbunga putih. Bila kedua turunan itu masing² berbeda, nistjaja antara kedua selkelamin jang me-nurunkannja terdapat perbedaan pula. Dalam hal ini perbedaan itu terletak pada warna bunga. Misalnja: dalam selkelamin djenis Mirabilis merah terdapat hal² jang menjebabkan timbulnja warna merah itu. Hal itu tidak ada pada selkelamin Mirabilis putih, dapat

pula kita katakan: Selkelamin Mirabilis merah mengandung *faktor untuk warna merah:* faktor itu tidak terdapat pada djenis jang berbunga putih. Faktor warna merah selandjutnja kita sebut *M*; sedangkan djenis putih jang tidak mengandung hal² tersebut faktornja kita sebut *m*.

Pada djenis jang berbunga merah faktor *M* itu terdapat baik dalam sel betina maupun dalam sel djantan; oleh sebab itu dalam tubuh tumbuhan jang terdjadi karena perkawinan itu terdapat rumus *MM* untuk faktor warna bunga. Untuk membedakan, Mirabilis putih mendapat rumus *mm* Tumbuhan bastar jang berbunga merah muda terdjadi dari selkelamin *M* dan selkelamin *m*; bastar itu mendapat rumus *Mm*.

Dengan penjerbukan sendiri dari bastar tersebut timbul turunan², jang berbunga merah muda, merah dan putih. Jang merah hanja dapat terdjadi karena peleburan selkelamin djantan dan betina jang mempunjai faktor *M*; demikian pula jang putih timbul dari dua selkelamin *m*. Hal ini hanja mungkin, apabila bastar itu membentuk dengan baik sel²-kelamin *M* (betina dan djantan) maupun sel²-kelamin *m* (betina dan djantan), atau mengenai umum: *Bastar itu harus membuat sel²-kelamin, jang mempunjai sifat² bapa dan sel²-kelamin jang mempunjai sifat² ibu.* Untuk menimbulkan turunan jang berbunga merah muda, bastar itu tak perlu membuat sel²-kelamin jang berfaktor merah muda, karena tumbuhan merah muda itu terdjadi dari peleburan dua selkelamin jang berbeda, jaitu satu bersifat bapa dan jang lain mempunjai sifat ibu. Untuk menimbulkan tiga matjam turunan, tjukuplah bila bastar itu membuat sel² ♂ *M* dan *m* serta sel² ♀ *M* dan *m*.

Sel ♂ (inti sperma) terdjadi dalam butir² serbuk; untuk membuat sel ♂ *M* dan *m*, bastar itu harus membuat butir² serbuk *M* dan *m*. Dapat pula dikatakan:

Bastar itu menghasilkan butir² serbuk sel ♂ *M* dan *m*, dan seltelur (sel ♀) *M* dan *m*.

Dengan demikian, dengan penjerbukan sendiri, dari bastar itu akan ada empat kemungkinan dalam turunannja,

1⁰. seltelur *M* bersatu dengan butir serbuk *M*; terdjadilah tumbuhan berbunga merah *MM*.

2⁰. seltelur *M* bersatu dengan butir serbuk *m*; terdjadilah tumbuhan berbunga merah muda *Mm*.

3⁰. seltelur *m* bersatu dengan butir serbuk *M*; terdjadilah tumbuhan berbunga merah muda *mM*.

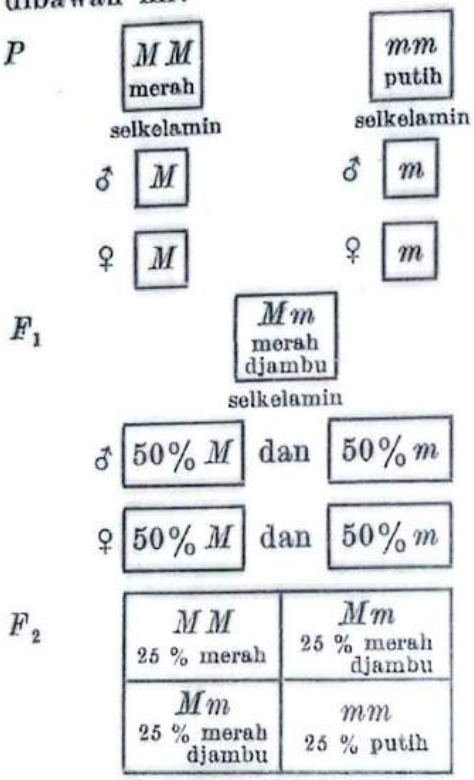
4⁰. seltelur *m* bersatu dengan butir seltelur *m*; terdjadilah tumbuhan berbungan putih *mm*.

Harapan akan terdjadinja keempat persatuan tersebut sama besarnja, apabila butir² serbuk *M* dan *m* sama banjaknja, demikian pula sel²-telur *M* dan *m*. Dalam hal ini akan terdapat kombinasi²

M M, *M m*, *m M* dan *m m* dengan perbandingan 1 : 1 : 1 : 1. Oleh karena *M m* dan *m M* keduanja merah muda, perbandingan itu mendjadi 1 merah : 2 merah muda : 1 putih.

Teranglah, bahwa hal² tersebut sama dengan kenjataan: **hypothesis** (patokan duga), bahwa bastar tersebut diatas **membuat dua matjam butir serbuk — 50 % M dan 50 % m — dan djuga dua matjam seltelur — 50 % M dan 50 % m** — mendapat kemungkinan besar. Hypothesis ini adalah **inti sari teori Mendel.**

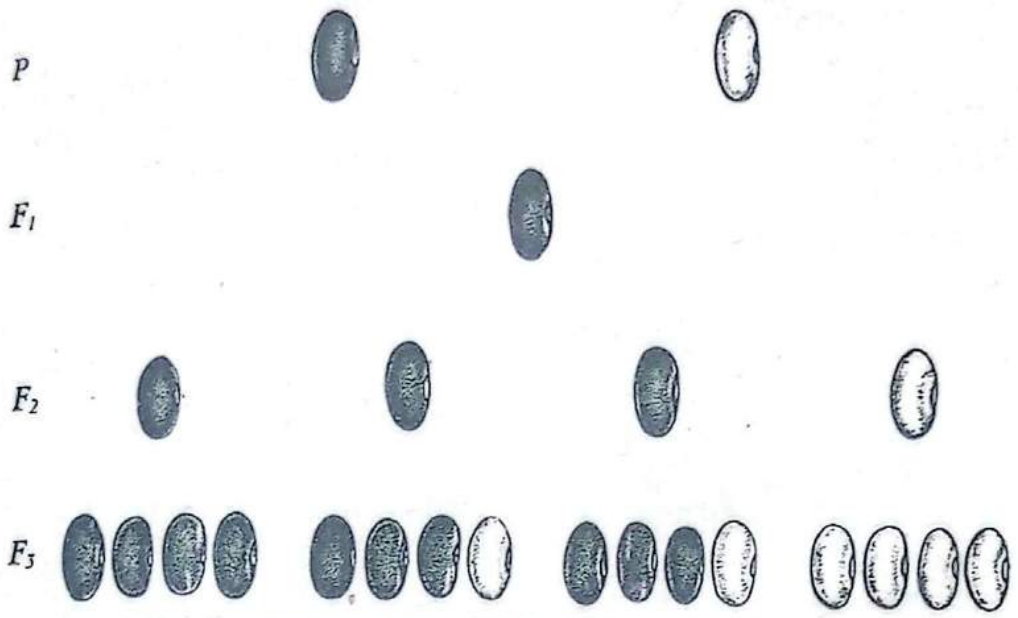
Pembatasan dan pemisahan selandjutnja dapat digambarkan dalam skema dibawah ini:



Perhatian: Tumbuhan jang timbul dari dua selkelamin sematjam — seperti Mirabilis merah dengan rumus *M M* atau Mirabilis putih dengan rumus *m m* — disebut *homozygotik*. Bastar *M m* dan *m M* terdjadi dari dua sel-kelamin jang faktornja berbeda, dinamai *heterozygotik*. *Tumbuhan homozygotik senantiasa tetap bila ditanam terus, sebaliknja jang heterozygotik senantiasa akan memisah lagi.*

Pada tjontoh dengan Mirabilis Jalappa telah kita lihat, bahwa warna bastar itu jakni *warna antara* dari kedua induknja. Bastar Mirabilis demikian dinamai *intermediair*. Pada pembatasan lain, kerapkali terdjadi bastar itu dalam segala hal serupa dengan salah suatu induknja, misalnja bastar tumbuhan jang berbunga merah dengan jang berbunga putih terdjadi bastar jang berbunga merah. Dalam hal ini warna merah itu mengalahkan warna putih; tanda ini disebut *dominant* sedang jang kalah pengaruhnja dinamai *recessif*.

Dalam hal dominansi pemisahan turunanpun tiada berbeda, sebagaimana terbukti pada tjontoh dibawah ini: Dua djenis katjang dibastarkan (Gambar 156); jang satu kulit bidjinja warna tjoklat,



Gambar 156. Pembastaran dua djenis katjang dengan satu tanda-beda dominant.

jang lain putih. F_1 semuanja berwarna tjoklat, hal ini menundjukkan bahwa warna itu dominant. Sebutlah faktor untuk warna tjoklat *T* dan untuk warna putih *t*. Bastar ini membuat 50 % selkelamin *T* dan 50 % selkelamin *t*. Selandjutnja dapat digambarkan sebagai berikut:

P — *TT* tjoklat — selkelamin: ♂ *T*, ♀ *T* — × — *tt* putih — selkelamin: ♂ *t*, ♀ *t*

F_1 — *Tt* tjoklat — selkelamin: ♂ 50% *T* dan 50% *t*; ♀ 50% *T* dan 50% *t*

F_2

TT 25 % tjoklat	*Tt* 25 % tjoklat
tT 25 % tjoklat	*tt* 25 % putih

Sebagaimana terlihat dalam skema, dalam F_2 terdapat tumbuhan berbidji tjoklat dan putih dengan perbandingan 3 : 1. Diantara tiga buah tumbuhan berbidji tjoklat ada dua jang heterozygotik, karena pemisahan berlaku sebagai berikut:

1 tjoklat homozygotik : 2 tjoklat heterozygotik : 1 putih homozygotik, tetapi tumbuhan jang berbidji tjoklat homozygotik tak dapat dibedakan dengan segera dari jang tjoklat heterozygotik [1]). Perbedaan ini baru terlihat turunan ketiga (F_3); $\frac{1}{4}$ dari banjaknja tumbuhan itu, tetap berkulit tjoklat, $\frac{1}{4}$ lagi tetap putih, sedangkan jang $\frac{2}{4}$ memisah lagi dengan perbandingan 3 : 1 (Gambar 156).

Hingga kini telah diketahui, bagaimana diturunkannja suatu sifat berbeda. Sekarang kita akan membastarkan dua djenis tumbuhan, jang mempunjai dua tanda perbedaan. Jang akan ditjoba ialah bunga mulut singa (Antirrhinum majus), di Indonesia banjak ditanam dipegunungan. Djenis biasa bunganja monosymmetrik, tetapi ada djuga jang polysymmetrik. Bentuk demikian pada suatu djenis tumbuhan jang bunganja biasa monosymmetrik, disebut *pelorik*. Guna pertjobaan ini, dibastarkan djenis jang biasa (monosymmetrik) dengan djenis jang pelorik. Jang pertama bunganja putih, jang kedua merah. Tanda perbedaan djenis[2] tersebut, jakni *bangun bunga* dan *warna bunga* (Gambar 157).

Faktor bangun bunga biasa kita sebut *N*, jang pelorik *n*; warna bunga merah disebut *M*, jang putih *m*. Tumbuhan berbunga putih rumusnja *NNmm*; jang peloris rumusnja *nnMM*. Jang pertama membuat selkelamin *Nm*, jang kedua membuat selkelamin *Mn*. Bastarnja mempunjai rumus *NnMm*, jang berbunga biasa serta berwarna merah, karena warna merah dominant atas warna putih dan bangun biasa dominant atas bangun peloris.

Sel-kelamin apakah jang akan dibuat oleh F_1?

Dari uraian hukum-hukum Mendel kita ketahui, bahwa faktor[2] baka dari F_1 dibagikan kepada sel[2]-kelaminnja: F_1 dengan rumus *Mm* membuat sel-kelamin *M* dan *m* sama banjaknja. Selandjutnja Mendel telah menemukan hukum lain, jakni:

Pada pembastaran dua djenis dengan sifat berbeda lebih dari satu, maka berbagai faktor[2]nja itu, dibagikan dengan bebas jang satu dari jang lain kepada sel[2]-kelaminnja. Bastar F_1 dengan rumus *NnRr* membuat empat matjam sel-kelamin dengan sama banjaknja:

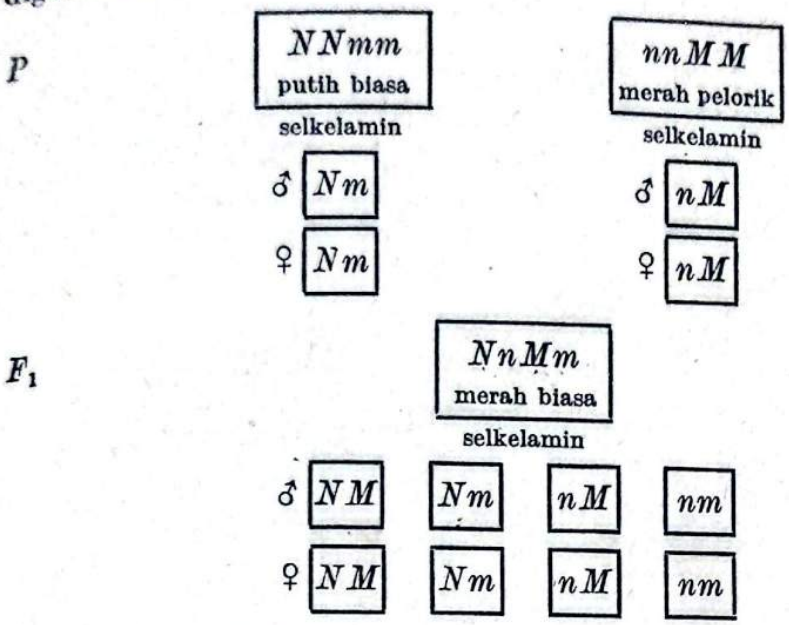
♂ 25 % *NM*, 25 % *Nm*, 25 % *nM*, 25 % *nm*
♀ 25 % *NM*, 25 % *Nm*, 25 % *nM*, 25 % *nm*.

---

[1]) Dari tjontoh ini njatalah, bahwa phaenotype sama sekali tak mempunjai hubungan dengan genotype.

Keempat bangun itu dapat dikombinasikan dalam $4 \times 4 = 16$ matjam [1]).

Pembastaran seluruhnja dan F_2 jang terdjadi karenanja dapat digambarkan sebagai berikut:



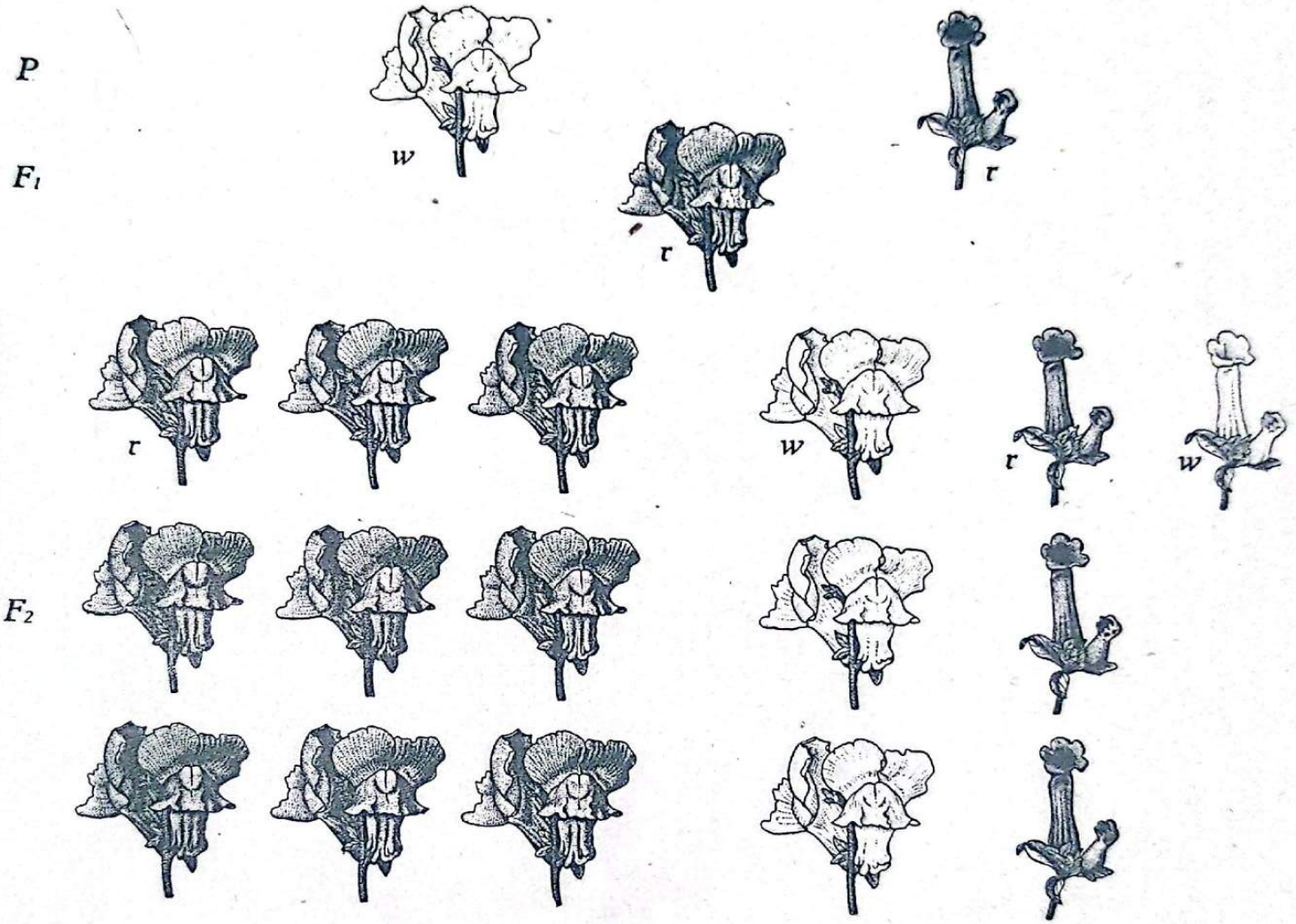
♂ / ♀	NM	Nm	nM	nm
NM	1 NNMM merah biasa	2 NNMm merah biasa	3 NnMM merah biasa	4 NnMm merah biasa
Nm	5 NNMm merah biasa	6 NNmm putih biasa	7 NnMm merah biasa	8 Nnmm putih biasa
nM	9 NnMM merah biasa	10 NnMm merah biasa	11 nnMM merah pelorik	12 nnMm merah pelorik
nm	13 NnMm merah biasa	14 Nnmm putih biasa	15 nnMm merah pelorik	16 nnmm putih pelorik

Dari gambaran diatas ternjatalah bahwa dari 16 kombinasi ada 9 merah-biasa, 3 merah-pelorik, 3 putih-biasa dan 1 putih-pelorik. Djadi dengan adanja 2 tanda perbedaan pemisahan berlaku dengan perbandingan:

9 : 3 : 3 : 1 (Gambar 157).

---

[1]) Kombinasi² itu dengan mudah diketemukan, apabila sel²-kelamin ♂ ditulis diatas sisi „persegi" jang datar, dan sel²-kelamin ♀ disamping sisi tegak, sebagaimana terlihat dalam skema. Kemudian himpunkanlah selkelamin ♂ bentuk pertama dengan keempat bentuk selkelamin ♀ (empat kombinasi). Demikianlah pula dengan sel-kelamin ♀ jang lain, hingga achirnja terdapat $4 \times 4 = 16$ kombinasi.



Gambar 157. Pembastaran djenis jang berbunga biasa dengan djenis jang berbunga pelorik; berbeda djuga warna bunganja.

[illegible]

Golongan 7: — memisah dalam 9 merah-biasa, 3 putih-biasa, 3 merah-pelorik dan 1 putih-pelorik.
„ 8: — „ „ 3 putih-biasa dan 1 putih-pelorik.
„ 9: — „ „ 3 merah-biasa dan 1 merah-pelorik.
„ 10: — „ „ 9 merah-biasa, 3 putih-biasa, 3 merah-pelorik dan 1 putih-pelorik.
„ 11: — tetap, merah-pelorik.
„ 12: — memisah dalam 3 merah-pelorik dan 1 putih-pelorik.
„ 13: — „ „ 9 merah-biasa, 3 putih-biasa, 3 merah-pelorik dan 1 putih-pelorik.
„ 14: — „ „ 3 putih-biasa dan 1 putih-pelorik.
„ 15: — „ „ 3 merah-pelorik dan 1 putih-pelorik.
„ 16: — tetap, putih-pelorik.

Dalam tjontoh ini, dengan sengadja kedua faktor itu dimisalkan dominant. Djika, seumpamanja, faktor untuk warna merah, intermediair, maka akan terdapat pemisahan dalam matjam merah-muda dan merah; hal ini dapat diselidiki dengan mudah, berdasarkan tjontoh Mirabilis. F_1 akan berbunga merah-muda, sedangkan F_2 akan memisah dengan perbandingan:

3 merah biasa : 6 merah-muda-biasa : 3 putih-biasa : 1 merah-pelorik : 2 merah-muda-pelorik : 1 putih-pelorik; (bandingkanlah dengan skema pada halaman 181).

Jang telah diuraikan ialah pembastaran djenis² dengan satu atau dua tanda-beda. Dengan sendirinja pemisahan akibat pembastaran djenis² dengan tiga tanda-beda atau lebih akan berlangsung lebih djauh, tetapi menurut aturan jang tertentu, sebagaimana terlihat pada daftar dibawah ini:

Tanda beda	Matjam sel²-kelamin F_1	Kemungkinan kombinasi dalam F_2	phaenotype pada dominansi penuh	homozygoot	Pemisahan pada dominansi penuh
1	$2^1 = 2$	$(2^1)^2 = 4$	2	2	3 : 1
2	$2^2 = 4$	$(2^2)^2 = 16$	4	4	9 : 3 : 3 : 1
3	$2^3 = 8$	$(2^3)^2 = 64$	8	8	27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1
4	$2^4 = 16$	$(2^4)^2 = 256$	16	16	81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1
dsl.					

Hingga sekarang kita membastarkan dua djenis tumbuhan sadja, untuk mendapatkan F_2 kita menjerbukkan bastar F_1 dengan serbuk sendiri. Bila F_1 itu dikawinkan dengan salah satu induknja, per-

kawinan itu dinamai *perkawinan balik*. Untuk itu dapat pula dipakai pertjobaan kutjing: induk[4]-nja ialah *BB* (bidji warna tjokelat) dan *bb* (warna putih); bastar $F_1 = Bb$ berbidji tjokelat pula (karena warna tjokelat dominant atas putih).

Kawinkanlah kini *Bb* (F_1) dengan *BB*. *Bb* membuat dua matjam selkelamin, jaitu 50 % *B* dan 50 % *b*, sedangkan *BB* hanja membuat sel-kelamin *B* sadja. Bila dari *BB* diambil serbukinja untuk menjerbuk *Bb*, sel ♂ *B* dapat bersatu dengan sel ♀ *B*, atau ♂ sel *B* melebur dengan sel ♀ *b*. Dalam hal pertama turunannja mempunjai rumus *BB*, dalam hal kedua rumus *Bb*. Kemungkinan untuk terdjadinja kedua matjam perkawinan sama besar, oleh sebab itu terdjadilah *BB* dan *Bb* dengan perbandingan 1 : 1. Warna tjokelat, dominant, karena itu semua turunan itu bidjinja warna tjokelat: phaenotypenja semua sama.

Sekarang kita kawinkan bastar F_1 (*Bb*) itu dengan induk jang lain, jaitu dengan *bb* (bidji putih) : *Bb* × *bb*. Setengah dari turunannja mempunjai rumus *Bb* (bidji tjokelat), jang lain *bb* (bidji putih).

Dalam kedua matjam perkawinan balik ini setengah dari turunannja serupa dengan induk, setengah lagi serupa dengan F_1: bagian pertama homozygotik, jang kedua heterozygotik. Djalannja pembastaran dengan tanda intermediair, tidak berbeda.

Penjimpangan-semu dari hukum Mendel.

Pemindahan bastar kadang[4] djalannja berlainan dari hal[4] jang telah diuraikan diatas. Tjukuplah disini disebut tiga buah tjontoh:

a. Polymeri. Nilsson Ehle mengawinkan dua djenis gandum, jang kelihatan hanja mempunjai satu tanda beda. Jang pertama butirnja berwarna merah, jang lain berwarna putih. Bastarnja berbidji merah, seakan-akan seperti pertjobaan dengan pembastaran djenis[4] kutjing. Tetapi dilihat dengan pada F_2 terdapat 55 butir tumbuhan jang berbidji merah sedang jang berbidji putih hanja sebutir. Perbandingannja tidak banjak berbeda dari 63 : 1 = = (27 + 9 + 9 + 9 + 3 + 3 + 3) : 1, jang menundjukkan adanja tiga tanda beda.

Keterangan:

Warna merah dari salah satu induk terdjadi karena akibat kerdjasama antara tiga faktor, jang masing[4] menimbulkan warna merah. Sebutkanlah faktor[4] itu M_1, M_2 dan M_3, rumus induk jang merah mendjadi M_1M_1 M_2M_2 M_3M_3. Rumus induk jang berbidji putih mendjadi m_1m_1 m_2m_2 m_3m_3, dan rumus bastar, M_1m_1 M_2m_2 M_3m_3. Bastar itu membuat delapan matjam sel-kelamin $M_1M_2M_3$, $M_1M_2m_3$ $M_1m_2M_3$, $m_1M_2M_3$, $M_1m_2m_3$, $m_1M_2m_3$, $m_1m_2M_3$ dan $m_1m_2m_3$. Dalam

F_2 terdapat 64 kombinasi. Bila kita membuat skema dari 64 kombinasi ini, njatalah bahwa 63 buah tumbuhan mempunjai satu faktor atau lebih untuk warna merah; jang ke-64 mempunjai rumus $m_1m_1m_2m_2m_3m_3$ warna bidjinja putih.

Peristiwa tersebut, dimana beberapa faktor jang tidak bergantung satu sama lain menimbulkan sifat sama, dinamai *polymeri*.

Perhatian: Berbagai faktor M memperkuat sifat pengaruh mempengaruhi, hingga misalnja $M_1M_1M_2M_2M_3M_3$ warnanja lebih tua dari $M_1M_1m_2m_2m_3m_3$ Perbedaan warna diantara kombinasi itu tidak njata, untuk segera dapat difahamkan adanja pemisahan dengan perbandingan 27:9:9:9:3:3:3:1.

b. **Kryptomeri.** Peristiwa lain, jang kelihatan pula menjimpang dari aturan adalah hal² jang tersebut dibawah ini:

Linaria maroccana (bunganja hampir serupa dengan bunga Antirrhinum) jang berbunga merah dikawinkan dengan djenis bunga putih. Tetapi bastarnja (F_1) tidak berbunga merah atau merahmuda, sebagaimana kita harapkan, melainkan berbunga ungu. Kalau diserbuk sendiri F_1 ini menghasilkan F_2 jang berbunga ungu, berbunga merah dan berbunga putih dengan perbandingan 9 : 3 : 4. Perbandingan itu seperti perkawinan dengan dua tanda-beda (9 : 3 : 3 : 1).

Keterangan:

Warna bunga (merah atau ungu) disini, disebabkan karena air sel mengandung zat warna anthocyaan. Dalam reaksi asam, air sel itu warnanja merah; dalam reaksi alkalik, ungu. Induk jang berbunga merah mengandung zat warna serta air sel jang bereaksi asam. Induk jang berbunga putih tidak mengandung anthocyaan, sedangkan reaksinja air sel alkalik. Sebutkan faktor untuk zat warna A dan untuk air sel alkalik B (alkali dominant atas asam), maka dapatlah dibuat skema berikut:

P $aaBB$ (putih) × $AAbb$ (merah)

F_1 $AaBb$ (ungu)

F_2 ♂ / ♀	AB	Ab	aB	ab
AB	1 $AABB$ ungu	2 $AABb$ ungu	3 $AaBB$ ungu	4 $AaBb$ ungu
Ab	5 $AABb$ ungu	6 $AAbb$ merah	7 $AaBb$ ungu	8 $Aabb$ merah
aB	9 $AaBB$ ungu	10 $AaBb$ ungu	11 $aaBB$ putih	12 $aaBB$ putih
ab	13 $AaBb$ ungu	14 $Aabb$ merah	15 $aaBb$ putih	16 $aabb$ putih

Dari 16 kombinasi itu ada 9 jang berbunga ungu, 3 jang berbunga merah dan 4 jang berbunga putih, sebagaimana „kenjataan" menundjukkan.

Induk jang berbunga putih mempunjai faktor dominant jaitu faktor untuk air sel alkalik, tetapi tak mengandung zat warna. Faktor tersebut tidak mempengaruhi rupa (warna) tanaman. Faktor itu baru njata djika bertemu dengan faktor lain jang tertentu. Faktor demikian disebut *tersembunji* atau *kryptomeer*.

c. **Epistasi dan hypostasi.** Suatu djenis haver (matjam gandum) berkulit hitam, dikawinkan dengan jang bidjinja berkulit kuning. F_1 berkulit hitam. Diluar dugaan F_2 terdiri dari 213 buah tumbuhan, diantaranja 155 berkulit hitam, 43 berkulit kuning dan 15 berkulit putih, atau dengan perbandingan kira² 12 : 3 : 1. Perbandingan itu = (9 + 3) : 3 : 1, hal ini menundjukkan adanja pembastaran dengan dua tanda beda. Peristiwa ini selandjutnja dapat dibajangkan sebagai berikut berlakunja:

Warna hitam tidak dominant terhadap warna kuning sebagai faktor recessif, tetapi kedua warna itu dominant. Faktor untuk warna hitam *H* dan untuk warna kuning *K*, demikian pula pembastaran dan pemisahan selandjutnja berlaku sebagai dibawah ini:

P $\quad$ $HHkk$ (hitam) $\times$ $hhKK$ (kuning)

F_1 $\quad$ $HhKk$ (hitam)

F_2

♀ \ ♂	*HK*	*Hk*	*hK*	*hk*
HK	1 *HHKK* hitam	2 *HHKk* hitam	3 *HhKK* hitam	4 *HhKk* hitam
Hk	5 *HHKk* hitam	6 *HHkk* hitam	7 *HhKk* hitam	8 *Hhkk* hitam
hK	9 *HhKK* hitam	10 *HhKk* hitam	11 *hhKK* kuning	12 *hhKk* kuning
hk	13 *HhKk* hitam	14 *Hhkk* hitam	15 *hhKk* kuning	16 *hhkk* putih

Skema diatas menundjukkan:

F_1 mempunjai kedua faktor dominant. Hanja faktor *H*-lah jang nampak pada phaenotype. Faktor *K* tidak nampak, walaupun ada, tidak pula mempengaruhi rupa (warna) bidji.

16 kombinasi dalam F_2 memisah sebagai berikut:

9 mempunjai kedua faktor dominant sebagai djuga F_1; kulit bidjinja hitam.

3 jang hanja mempunjai faktor dominant *H* sebagai salah satu induk, kulit bidjinjapun hitam.

3 jang hanja mempunjai faktor dominant *K* sebagai induk jang lain, kulit bidjinja kuning.

1 tak mengandung faktor dominant, baik *H* maupun *K*, karena itu kulit bidjinja putih; kombinasi ini, adalah djenis homozygotik baru.

Dengan demikian dari 16 kombinasi itu timbul 12 jang berkulit bidji hitam, 3 jang berkulit bidji kuning dan 1 jang berkulit bidji putih.

Bila kita bandingkan, misalnja matjam *HHKK* dengan *HHkk*, rupa (warnanja) sama; meskipun jang pertama, homozygotik untuk „warna hitam" dan „warna kuning", sedangkan jang kedua homozygotik hanja untuk „warna hitam" sadja. Warna hitam menutup warna kuning sama sekali, oleh sebab itu kelihatan tak ada perbedaan warna. Faktor jang menutup (*H*) disebut *epistatik*, jang tertutup (*K*) *hypostatik*.

Perhatian: Kerapkali „arti" kryptomeri dan hypostasi sukar dibedakan. Perbedaan itu akan njata, bila kita bandingkan Linaria maroccana jang berumus *aaBB* dengan tumbuhan haver *HHKK*. Faktor kryptomeer *B* dari Linaria putih baru timbul, kalau (karena perkawinan) *bertemu* dengan faktor A. Faktor hypostatik *K* dari haver kulithitam *HHKK* baru timbul pada phaenotype, apabila — setelah pembastaran dan pemisahan berikutnja — *dipisahkan* dari faktor *H*, misalnja pada tumbuhan jang berumus *hhKK*. Umumnja: faktor kryptomeer takkan timbul, selama tidak dipersatukan dengan faktor lain jang tertentu; adapun faktor hypostatik takkan pula timbul selama faktor itu bersatu dengan faktor lain jang tertentu.

CHROMOSOM DAN KEBAKAAN.

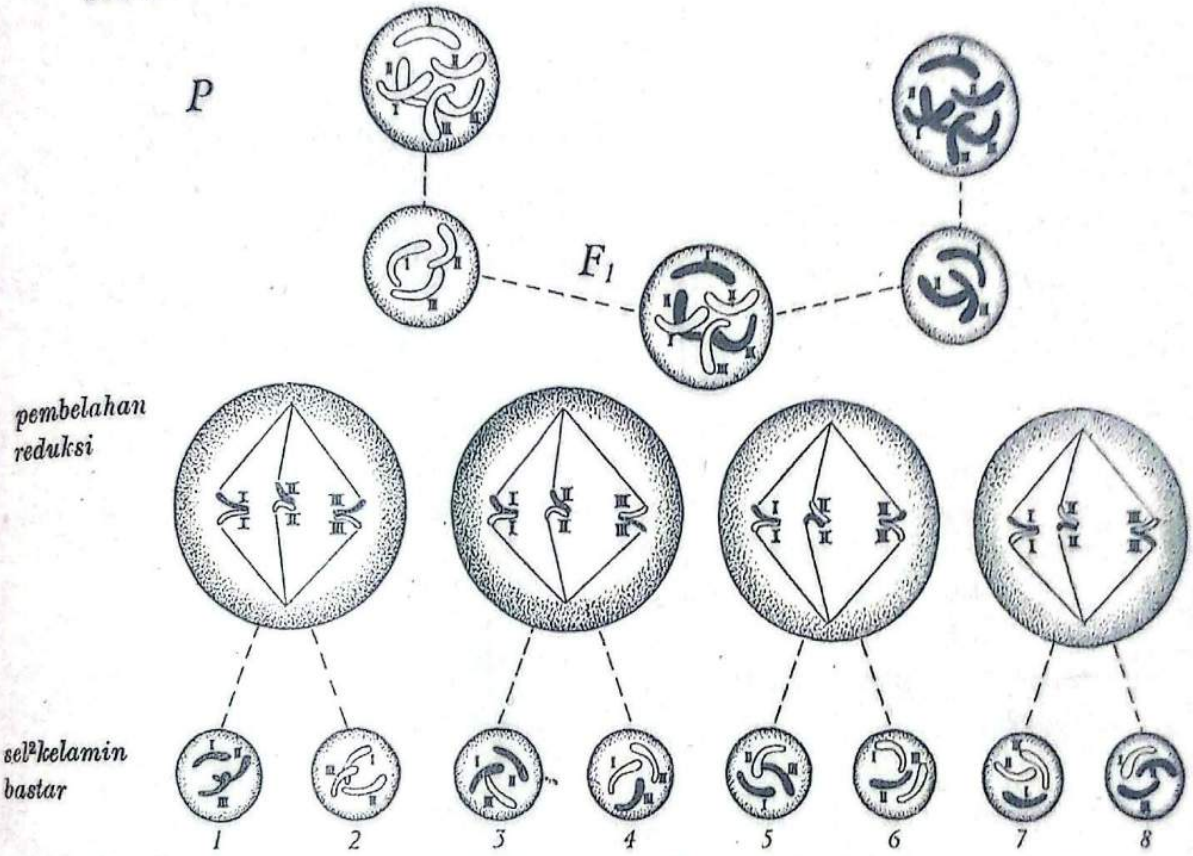
Sebagaimana telah diuraikan, chromosom adalah pembawa sifat baka, atau dapat djuga dikatakan: *didalam chromosom terkandung faktor² jang baka.*

Dalam pembelahan sel biasa chromosom itu membelah pada pandjangnja, kemudian kedua belahannja berpisah. Oleh sebab itu tiap² anak sel mengandung chromosom dan faktor baka sama banjaknja dengan jang terkandung dalam sel-induk. Semua sel² dari tubuh tanaman jang sebenarnja, jaitu sel² vegetatif, terdjadi karena pembelahan-biasa seltelur jang telah dibuahi. Oleh sebab itu seluruh tumbuhan didalam sel²-nja mengandung chromosom sama banjaknja, demikian pula faktor bakanja sama.

Tidak demikian halnja dengan djumlah chromosom dalam sel² kelamin. Pada fatsal pembiakan telah diuraikan, bahwa pembentukan butir serbuk dan kandung lembaga didahului oleh pembelahan reduksi. Djumlahnja chromosom berkurang hingga setengahnja.

Sel²-kelamin (inti-sperma dan seltelur) terdjadi karena pembelahan biasa jang masing² dari butir serbuk dan kandung lembaga; oleh sebab itu mengandung setengahnja dari djumlah chromosom. Pada pembuahan kembali pula kepada djumlah semula.

Baigamana halnja dengan faktor² baka pada pembuahan dan pada pembelahan reduksi? Marilah kita selidiki, berdasarkan Gambar 158. Skema itu menggambarkan perkawinan antara dua buah tumbuhan dengan tiga tanda beda, bastar F_1, pembelahan reduksi dan pembentukan selkelamin bastar.



Gambar 158. Pembentukan 8 matjam selkelamin bastar F_1 turunan dua induk dengan 3 tanda-beda. Pada gambar ini chromosom itu tidak digambarkan sebagai tubuh berganda (bandingkanlah dengan Gambar 135). Djuga hanja digambar dua dari empat anak inti, jang terdjadi dari satu induk inti. Hal tersebut dibuat untuk memudahkan dan tidak mempengaruhi banjaknja matjam sel-kelamin.

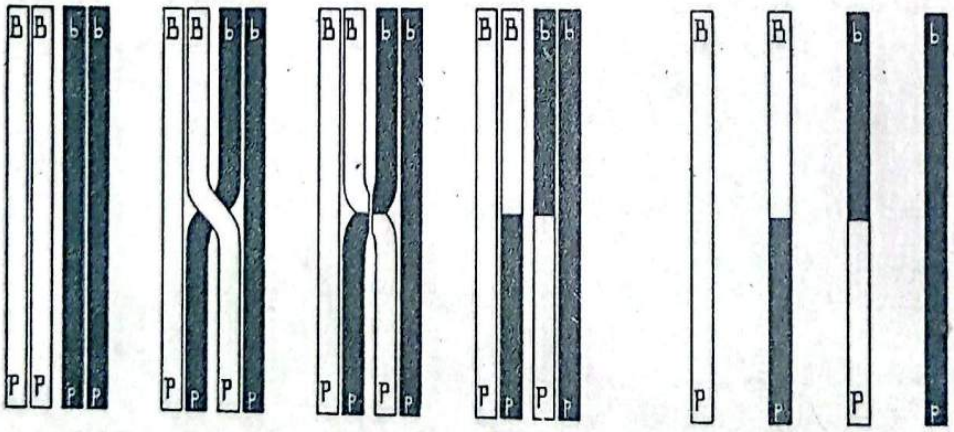
Untuk memudahkan, selkelamin kedua induk digambarkan berchromosom tiga buah. Chromosom² tumbuhan bapak diberi warna hitam; selandjutnja dimisalkan chromosom I mengandung faktor A, chromosom II faktor B dan chromosom III faktor C. Chromosom² tumbuhan ibu tak berwarna, chromosom I mengandung faktor *a*, chromosom II faktor *b* dan chromosom III faktor *c*. Dengan demikian bastar F_1 akan mempunjai sel² jang mengandung chromosom enam buah, jaitu tiga „putih" dan tiga „hitam", rumusnja ***AaBbCc***.

Apabila bastar itu membuat sel-kelamin, terlebih dahulu ada pembelahan reduksi jang menjebabkan berkurangnja djumlah chromosom hingga mendjadi tiga buah. Pada pembelahan itu mula²-chromosom² *berpasangan;* tiap² chromosom mentjari pasangannja masing². Dalam tjontoh kita, chromosom I dari tumbuhan bapak berpasang dengan chromosom I dari tumbuhan induk dsb. Kemudian berpisahlah chromosom² itu. *Kearah mana tudjuan chromosom² itu, bergantung kepada „kebetulan"*; berbagai kemungkinan terlihat pada gambar.

Njatalah tjaranja *alat pembelahan reduksi membagikan faktor² baka itu kepada sel²-kelamin.* Bastar F_1 jang berumus *AaBbCc* membuat sel²-kelamin *ABC, abc, ABc, abC, AbC, aBc, Abc, aBC*; sesuai dengan hal² jang telah diuraikan tentang pembagian faktor² baka, sesuai pula dengan daftar pada halaman 184, jaitu: dalam pembastaran dua djenis tumbuhan dengan tiga tanda beda serta bastarnja membuat $2^3 = 8$ matjam selkelamin.

Rangkai-faktor.

Hingga kini chromosom itu dimisalkan hanja mengandung satu faktor, tetapi ada pula tumbuhan jang mengandung faktor baka banjak, sedangkan djumlahnja chromosom hanja sedikit. Hal itu menundjukkan bahwa *dalam satu chromosom terkandung beberapa faktor.* Bagaimanakah pengaruhnja kepada pemisahan?



Gambar 159. Skema pindah-silang diwaktu pembelahan reduksi pada bastar BbPp, dan pembentukan empat matjam selkelamin, jaitu BP, Bp, bP dan bp.

Misalkan chromosom III dari Gambar 158, ketjuali faktor *C* dan *c*, djuga mengandung faktor *D* dan *d*. Oleh sebab itu, terdapatlah pembastaran dengan empat tanda-beda; diharapkan $2^4 = 16$ matjam selkelamin. Tetapi dalam gambar itu ternjata, bahwa *C* dan *D*, serta *c* dan *d* tetap terkandung dalam chromosom III, dan tidak dengan bebas terbagi kepada sel²-kelamin. Oleh sebab itu

tidaklah terdapat 16, melainkan hanja 8 matjam selkelamin, tidaklah $16^2 = 256$, tetapi hanja $8^2 = 64$ kombinasi.

Dalam tjontoh tersebut tiap² selkelamin hanja mengandung tiga buah chromosom, disini tak lebih dari tiga faktor dapat dibagikan dengan bebas. Biasa orang mengatakan: tidak lebih dari tiga faktor dapat „*memendel*" dengan bebas, atau pada umumnja dapat pula dikatakan: *pada sesuatu tumbuhan, djumlah faktor jang dapat memendel dengan bebas sama dengan banjaknja chromosom dalam satu selkelamin.* Beberapa faktor jang terkandung dalam satu chromosom, tidak berpisah dan memendel bersama sebagai satu faktor.

Pasangan faktor, atau kumpulan faktor² jang memendel bersama, sebagai satu faktor, dinamai *rangkai-faktor.*

Pindah-silang.

Pertjobaan menundjukkan, bahwa faktor² jang terkandung dalam satu chromosom, tidak selalu berangkai, tetapi kadang² djuga memendel dengan bebas, seakan-akan terbagi didalam beberapa chromosom. Peristiwa ini hanja dapat diterangkan sebagai berikut: selama pembelahan reduksi, diantara chromosom² itu, terdjadi pertukaran faktor. Pertukaran itu hanja dapat berlaku, bila selama pembelahan reduksi chromosom² itu berpasangan. Setelah membelah dipandjangnja, berkumpullah empat belahan chromosom tadi. Dari tiap² chromosom bersilanglah salah satu belahannja diatas belahan chromosom lain (Gambar 159). Kemudian melekatlah dan putuslah kedua belahan chromosom itu. Dengan demikian terdjadilah belahan chromosom jang terdiri dari dua bagian, jaitu sebagian chromosom asli, sebagian lagi berasal dari chromosom lain. Proses tersebut dinamai „*crossing over*" atau *pindah-silang.*

Gambar 159 menundjukkan berlakunja pindah-silang serta selandjutnja pembentukan sel-kelamin bastar *BbPp*. Bastar itu terdjadi dari perkawinan $BBPP \times bbpp$ (pembastaran dengan dua tanda-beda). Djika tak ada pindah-silang, faktor² *B* dan *P* demikian pula *b* dan *p* akan tetap berkumpul; dan hanja timbul dua matjam selkelamin, jakni *BP* dan *bp*. Tetapi pindah-silang itu menjebabkan terdjadinja sel²-kelamin *BP*, *Bp*, *bP* dan *bp*. Keempat matjam selkelamin ini akan terdjadi pula, apabila faktor² itu terbagi dalam berbagai-bagai chromosom.

Perhatian 1: Melekat dan terputusnja kedua belahan chromosom dapat terdjadi disembarang tempat, tidak senantiasa ditengah-tengah chromosom, sebagaimana terlihat pada Gambar 159.

Perhatian 2: Dibajangkan, bahwa berbagai-bagai faktor baka itu, letaknja berbaris didalam chromosom. Dengan demikian beberapa faktor letaknja berdekatan, jang lain berdjauhan jang satu dari

jang lain. Jang letaknja berdjauhan — seperti pada Gambar 159 — mudah bertukar: sebaliknja jang berdekatan djarang bersilang.

Perhatian 3: Ada kemungkinan pada pembentukan sebagian dari sel-kelamin terdapat rangkai faktor, sedangkan pada bagian jang lain terdjadi pindah-silang. Hal ini bergantung kepada tempat faktor², djadi pada djaraknja masing². Dalam hal ini terdapat sel²-kelamin jang sematjam dengan faktor jang memendel dengan bebas, tetapi dengan perbandingan lain.

PERKAWINAN KELUARGA.

Hingga kini hanja dibitjarakan perkawinan antara satu djenis dengan djenis jang lain, didalam satu keluarga. Apakah jang akan terdjadi, bila dua keluarga dikawinkan? Kebanjakan pembastaran demikian tak dapat dilakukan, karena tidak membuat bidji. Kadang² diperoleh F_1 jang mandul, jaitu tidak membuat sel-kelamin jang subur. F_2 sangat djarang terdapat. Dibawah ini akan diuraikan sebuah tjontoh dari perkawinan keluarga.

Antirrhinum majus dibastarkan dengan Antirrhinum molle. Kedua keluarga ini amat berbeda. A.majus tumbuhnja tegak, batangnja bertjabang sedikit serta berbulu sedikit. Sebaliknja A.molle batangnja berbaring, bertjabang banjak dan berbulu kerap. Bunganja lebih ketjil dari A. majus.

F_1 adalah intermediair, tetapi F_2 memisah begitu djauh, hingga dapat dikatakan tak ada dua tumbuhan jang sama. Terdapat pula matjam² tumbuhan jang bunganja sangat berlainan dengan bunga kedua induknja, bahkan tak lagi serupa dengan bunga Antirrhinum. Walaupun demikian, disini terdjadi pula pemisahan Mendel, tetapi karena tanda bedanja amat banjak, djumlahnja kombinasi banjak pula, hingga pemisahan itu didalam praktek tak dapat dianalysir.

MUTASI.

Kita telah mengetahui, bahwa sebagai akibat pembastaran djenis, dapat timbul bentuk² baru jang homozygotik. Disamping itu *dengan sendirinja* dapat pula timbul *bentuk² baru jang tetap serta baka*, tidak dengan perkawinan. Mahaguru *Hugo de Vries* lah jang mula² menjelidiki bentuk² demikian pada Oenothera Lamarckiana; bentuk itu disebutnja *mutasi*. Kemudian pada tumbuhan lainpun diketemukan pula beberapa mutasi. Turunannja biasanja tidak banjak. *Mutasi vegetatifpun* ada: misalnja dari suatu tumbuhan sekonjong-konjong timbul sebuah tjabang jang beda dari tjabang² lain: Pada Gambar 160 terlihat sebuah mutasi dari Antirrhinum majus. Sebagai gantinja bunga

(Gambar 157) dari tiap² ketiak daun pelindung timbul sebuah tjabang dengan beberapa bunga hidjau. Bunga² itu tak bertadjuk, djuga tidak berserbuk. Biasanja mutasi itu tidak kelihatan njata dan hanja berbeda sedikit dari tumbuhan induk.

Orang menduga, bahwa mutasi itu disebabkan karena *ada perubahan satu faktor atau lebih didalam chromosom.*

Gambar 160. Mutasi pada Antirrhinum majus.

Sebagai penutup, dibawah ini diberikan uraian singkat tentang perubahan² jang dapat terdjadi dalam suatu keluarga tumbuhan:

Modifikasi, perubahan tidak baka, disebabkan karena pengaruh luar.

Kombinasi, timbul pada pembastaran djenis. Sifat² kedua induk dihimpunkan bermatjam-matjam; kombinasi jang homozygotik, tetap serta baka.

Mutasi, perubahan tumbuhan jang timbul sekonjong-konjong — tidak dengan perkawinan —; tetap serta baka.

ISINJA

Halaman

Pendahuluan 5

SYSTEMATIK 8

I. TUMBUHAN THALLUS 8
Bakteri 9
Ganggang biru 15
Ganggang gandar 17
Ganggang kersik 17
Ganggang hidjau 19
Ganggang perang 23
Ganggang merah 24
Ganggang karangan 26
Tjendawan (Djamur) 26
Djamur ganggang 27
Djamur benar 29
Lumut kerak 43

II. LUMUT 45
Lumut daun 46
Lumut hati 50

III. PAKU² 50
Paku 51
Paku air 61
Ekor kuda 63
Paku rambut 65

ANATOMI 68

I. SEL 68
Protoplast 69
Dinding sel 72
Pembiakan sel 73

II. DJARINGAN TUBUH 75
Meristem 75
Djaringan tubuh tua 76

III. TUBUH (ALAT²) 80
Akar 80
Batang 84
Tubuh lingkar sekonder 86

Halaman

PHYSIOLOGI 96

I. PERTUKARAN ZAT 96
A. Bahan² makanan 96
B. Pengisapan air dan garam tanah 98
C. Pengangkutan air 104
D. Assimilasi zat arang 109
E. Assimilasi zat lemas 114
F. Pengangkutan hasil² assimilasi 118
G. Heterotroph 120
H. Pernapasan 123
I. Pengeluaran air 128

II. TUMBUH 132

III. GERAK 135

IV. PEMBIAKAN 138

I. Pembiakan thallophyta 139

II. Pembiakan lumut 143

III. Pembiakan paku² 144

IV. Pembiakan thallophyta 147
Tambahan 154

SIFAT BERBEDA (MUNGKIN UBAH) 167

KEBAKAAN 175

Hukum² Mendel 175
Chromosom dan kebakaan 188
Perkawinan keluarga 192
Mutasi 192

Diterbitkan oleh J. B. Wolters — Djakarta — Groningen

Dr S. C. Bokhorst, Prof. Ir E. J. G. Sekermerhorn dan Ir R. Goenarso:

ILMU KIMIA

Untuk Sekolah Menengah Umum, Sekolah Guru, Sekolah Dagang (Ekonomi) d.l.l.
Diberi bergambar

Djilid IA	Azas-azas Ilmu Kimia	Rp. 12,50
Djilid IB	Azas-azas Ilmu Kimia	Rp. 15,—
Djilid II	Teori Ilmu Kimia	Rp. 26,50
Djilid III	Sistimatik Ilmu Kimia Anorganik	Rp. 27,50
Djilid IV	Ilmu Kimia Organik	Rp. 20,—

Dr Everh. Bouwman dan Dr J. H. Haan:

SOAL² ILMU ALAM

Diindonesiakan oleh T. D. Situmorang

Djilid A	Rp. 6,25
Djilid B	Rp. 15,90

Dr G. C. Gerrits

BUKU PELADJARAN ILMU ALAM

Diterdjemahkan dan disadur oleh Ir Sumani dan S. Soerjohoedojo
Diberi bergambar

Djilid I	Rp. 35,—
Djilid II	Rp. 32,50
Djilid III	sedang dikerdjakan

Dr S. W. Visser dan Santoso:

KITAB PELADJARAN SINGKAT TENTANG ILMU FALAK

Diberi bergambar
f. 2,40

Diterbitkan oleh J. B. Wolters — Djakarta — Groningen

Percetakan DE UNIE — Djakarta